DIE NATURWISSENSCHAFTEN

20. Jahrgang · 4. März 1932 Heft 10

Zu Robert Emdens siebzigstem Geburtstag.

ROBERT EMDEN, der in weiten Kreisen der Physik, Astronomie und Meteorologie rühmlichst bekannte Münchner Gelehrte, tritt am 4. März dieses Jahres in das achte Jahrzehnt seines Lebens ein.

ROBERT EMDEN entstammt einer angesehenen Kaufmannsfamilie aus St. Gallen; er studierte Physik und Mathematik in Heidelberg, Berlin und Straßburg. Den Doktorgrad erwarb er 1887 in Straßburg bei KUNDT mit einer Arbeit über die Dampfspannung der Salzlösungen. 1899 habilitierte er sich für Physik bei SOHNCKE an der Münchner Technischen Hochschule.

Aber nichts lag dem jungen und liegt dem alten EMDEN ferner, als sich einseitig auf Fachstudien zu beschränken. Er machte sich zu eigen, was die Gegenwart und Vergangenheit an Gutem und Schönem in Musik, Kunst, Literatur bot. In jüngeren Jahren war er ein eifriger Wagnerianer und ein leidenschaftlicher Schachspieler. Später verkehrte er viel in Münchener Malerkreisen und schmückte sein Haus mit ausgewählten Originalgemälden (STÄBLI, HAIDER, EICHLER). Überdies war er ein zäher Sportsmann. So manche höchste Spitze der heimischen Alpenkette hat er erklommen, gemeinsam mit seinem Freunde und späteren Schwager KARL SCHWARZSCHILD. Und noch höher stieg er auf im Freiballon, dessen Führung er in einem kleinen, bei Teubner erschienenen Büchlein praktisch-wissenschaftlich lehrte. Er erhielt 1906 bei einer internationalen Ballon-Wettfahrt einen Ehrenpreis des Berliner Vereins für Luftschiffahrt und war im Münchner aeronautischen Verein lange Jahre hindurch Vorstandsmitglied. In der Physik der Atmosphäre fühlte er sich zu Hause, nicht nur in der irdischen, sondern auch in der Sonnen- und Sternatmosphäre.

Sein Lehrauftrag an der Technischen Hochschule München betrifft Meteorologie und Luftschiffahrt. An der Münchner Universität wurde er entsprechend einem oft geäußerten Wunsche des verewigten SEELIGER Honorarprofessor für Astrophysik.

Im Jahre 1907 erschien bei Teubner sein Werk „Gaskugeln, Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme". Aufbauend auf den Arbeiten von HOMER LANE und A. RITTER entwickelt er hier die thermodynamischen Eigenschaften der polytropen kosmischen Kugelgebilde, unter dem Gegenspiel von Druck und Gravitation. Der dritte Gegenspieler, die Strahlung, konnte später von EDDINGTON in den hinreichend weiten Rahmen der EMDENschen Theorie eingebaut werden. Welche Bedeutung diese Theorie für die Entwicklung der heutigen Lehre vom Sterninnern gehabt hat, schildert EDDINGTON in der Einleitung zu seinem Werke. Wir überlassen ihm gern als dem kompetentesten Sachkenner auch bei dem gegenwärtigen Anlaß das Wort zur näheren Würdigung. Erwähnt sei nur noch, daß die „EMDENsche Gleichung", eine nichtlineare Differentialgleichung zweiter Ordnung, in den Gaskugeln auf originelle Art graphisch-numerisch integriert wird, und daß sie neuerdings wieder eine ganze Literatur hervorgerufen hat, nicht nur in der Astrophysik, sondern auch in der Atomphysik, wo sie bei dem statistischen Thomas-Fermi-Atom wiederkehrt. EMDENS Integrationsmethoden sind in diesem Zusammenhang teilweise von neuem entdeckt worden.

Ein zweites fundamentales Werk reiht sich den Gaskugeln würdig an, die Arbeit „Über Strahlungsgleichgewicht und atmosphärische Strahlung", die EMDEN als Mitglied der bayrischen Akademie in deren Sitzungsberichten 1913 veröffentlicht hat. Ausgehend von einer SCHWARZSCHILDschen Gleichgewichtsbedingung für die Sonnenatmosphäre gibt er hier Rechenschaft von den Zuständen der Tropo- und Stratosphäre, führt neben der schwarzen die „graue Strahlung" ein und liefert so, nach dem Urteil maßgebender Meteorologen, den bedeutsamsten Beitrag zur theoretischen Meteorologie der Gegenwart.

EMDEN hat sich noch in alten Jahren mit jugendlicher Begeisterung in die Relativitätstheorie eingearbeitet. Ein Artikel über die Aberration im 14. Jahrgang dieser Zeitschrift legt davon Zeugnis ab. Allemal richtet sich sein Interesse auf grundlegende Fragen, nie würde er sich mit einer oberflächlichen Antwort zufrieden geben, immer strebt er nach letzter Einfachheit und Klarheit.

Als dank dem Wagemut des SPRINGERschen Verlages die Zeitschrift für Astrophysik ins Leben gerufen wurde, schmückte sie ihr Titelblatt mit dem Namen EMDENS, einem Namen von internationalem Klange. Zahlreiche Gelehrte in der ganzen Welt vereinigen sich mit uns in herzlichen Wünschen für den Jubilar und in tiefgefühltem Dank für seine Leistungen.

M. WOLF
für die Astronomische Gesellschaft.

A. SOMMERFELD
für die Freunde und Kollegen des Jubilars.

Polytropes

by A. S. EDDINGTON, Cambridge (England).

It is a very great pleasure to join in the commemoration of Professor EMDEN's seventieth birthday, and to pay tribute to a great pioneer who has done so much to extend the foundations of our knowledge of the internal mechanism of the stars. EMDEN's "Gaskugeln" fascinated me before I had any thought of entering on a similar line of research; later it became an indispensable and constant source of reference. I count myself among those who have drawn inspiration from this remarkable book and endeavoured to continue the same line of advance.

The fundamental equation treated in "Gaskugeln" is now universally known as EMDEN's Equation. Any distribution of matter which satisfies it is called a polytrope, a polytrope of index n being a spherical distribution of matter in which the density and pressure obey the relation $P \propto \varrho^{\gamma}$ where $\gamma = 1 + 1/n$. In this article I will consider the part played by EMDEN's polytropes in the investigation of stellar structure, dwelling more especially on the general aspects of their use.

Polytropes as Standard Models. The study of polytropes originated in the hypothesis that the stars are in convective equilibrium; EMDEN's equation corresponds precisely to the convective hypothesis, γ being then the adiabatic constant of the material. Although that hypothesis is now abandoned and radiative equilibrium (which is not specially connected with EMDEN's equation) has been substituted, polytropes are still used as much as ever. I think that EMDEN himself did much to free them from their limited application to convective equilibrium, and made clear their value as general stellar models. Polytropes have also been employed outside the theory of stellar structure, by PLUMMER and VON ZEIPEL in the study of globular clusters, and by THOMAS for the distribution of negative charge in heavy atoms.

The primary importance of polytropes is that they provide a series of model distributions of density from which we can select one having any desired degree of condensation towards the centre. Consider, for example, a star whose mass M and outer radius R are known from observation; any of the polytropes from $n = 0$ to $n = 5$ can be fitted to these data; $n = 0$ represents uniform density, and $n = 5$ represents complete concentration of the mass at the centre, and all intermediate degrees of concentration to the centre are given by intermediate values of n. If the investigator has any theoretical guidance as to the distribution of density in the interior, he can pick out a polytrope having the same average concentration which will incorporate, approximately at least, this feature of his theory; or by investigating in turn the polytropes with several different values of n, he may determine what degree of central concentration best fits his observational data. For example, by working out the period of pulsation of different polytropes it has been found that the best agreement between the theoretical and observed periods of δ Cephei is given by $n = 2$; the motion of the apses in γ Cygni also appears to need a distribution less concentrated than the usually adopted model $n = 3$.

Crude results can often be obtained by treating spheres of uniform density, and these are of value as a step towards more refined theory. The substitution of a polytropic model is the next step, since it is a means of representing non-uniform density. There is no need to stop here; and to obtain closer approximations we can if necessary introduce more complicated models than those of EMDEN, if we have sufficiently definite indications (theoretical or observational) to warrant it. But for most kinds of investigation of the stellar interior such refinements are outside practical utility; and we may well be satisfied to describe the non-uniformity of density by a single parameter n. I do not think that polytropic models have ever been used for the interior of the earth, but probably they could have been used with advantage and until recently they would have sufficed for all needs; now, however, the progress of seismological theory makes it practicable to examine seriously more elaborate hypotheses as to the density.

Properties of Polytropes. Polytropes of index 0, 1, and 5 are especially simple, and all data concerning them are given by algebraic formulae. The others can only be studied by laborious integration of EMDEN's equation. EMDEN made the necessary computations and published a series of tables which give the pressure, density, potential, integrated internal mass, etc, at different points in the interior. It is largely the existence of these tables that has led to the general use of polytropes as standard models, for the investigator who adopts any other model will have the task of constructing his own tables. Polytropes of index greater than 5 have infinite mass. The most important is $n = \infty$, corresponding to an isothermal gas; this probably applies approximately to the gaseous nebulae, but, of course, only the central portion of the polytrope can be used.

There is one exception to the rule that the integrated properties of polytropes (other than the three simple ones) involve numerical quadratures. EMDEN found that the negative potential energy Ω of the distribution is given by the formula

$$\Omega = \frac{3}{5-n}\,\frac{GM^2}{R}. \qquad (1)$$

Since Ω is a good measure of the concentration of the mass towards the centre, this shows how the concentration is determined by n.

Variable Polytropic Index. We cannot expect the properties of stellar material to obey any

simple formula over the whole range of temperature in the interior, which extends from about 40000000° to 6000° in the sun. Actually we limit this range very much by cutting off the outermost 5 or 10 per cent of the mass (where the main drop of temperature occurs) and treating it so far as necessary by a separate investigation; this leaves a fairly homogeneous inner portion which may reasonably be represented by a single polytrope. However, it is desirable to examine deviations from the polytropic distribution if only for the purpose of setting limits to the error produced. A convenient way of treating an arbitrary spherical distribution is to introduce a *variable* polytropic index n defined at each point by

$$1 + 1/n = d(\log P)/d(\log \varrho) \qquad (2)$$

which agrees with our former definition when n is constant. It can be shown that Ω is still given by equation (1) provided that we use in it a mean index $\bar{n}$, such that $1/(\bar{n}+1)$ is an average value of $1/(n+1)$ for the whole star; in this averaging the weight attached to any part of the star is proportional to $M_r dq$ or to $(M_r^2/r^2)\,dr$, where M_r is the mass interior to r*.

If, for example, the polytropic index in the star ranges between $1\frac{1}{2}$ and 3, $\bar{n}$ will be between $1\frac{1}{2}$ and 3, and the concentration (measured by Ω) will be intermediate between the polytropic models $n = 1\frac{1}{2}$ and $n = 3$. This appears to correspond to the white dwarfs. They have an outer gaseous region of index approximately 3, and in the inner region the reduced compressibility decreases the index; it follows that the star as a whole is less condensed to the centre than a polytrope of index 3. In a recent theory Milne has put forward the view that ordinary stars have an enormous concentration to the centre with very high values of Ω. By (1) this requires that $\bar{n}$ shall be nearly 5. Since a considerable part of the star is gaseous (index approximately 3) this requires that the central core shall have a mean index greater than 5**. The view therefore cannot be admitted unless some plausible explanation of the occurrence of a high value of n in the core is given.

Normal Polytropic Index. We cannot infer the polytropic index solely from the nature of the material, for it depends also on the temperature gradient in the region considered. The nature of the material is usually specified by an "equation of state" which is a relation between p_ϱ, ϱ and T. (The whole pressure P is made up of the material pressure p_ϱ and the radiation pressure $\frac{1}{3}\,a\,T^4$.) Some extra condition is required to reduce this to a direct relation between P and ϱ.

If $\beta = p_\varrho/P$, we can easily transform the equation of state into a relation between P, ϱ and β. For example, a perfect gas of constant molecular weight μ gives

$$P \propto \mu^{-\frac{4}{3}} \beta^{-\frac{4}{3}} (1-\beta)^{\frac{1}{3}} \varrho^{\frac{4}{3}}. \qquad (3)$$

When β is stationary $P \propto \varrho^{\frac{4}{3}}$, so that $n = 3$. The value of n when β is stationary may be called the "normal polytropic index" of the material. Thus the normal polytropic index of a perfect gas is 3; and it is for this reason that the polytrope $n = 3$ appears so prominently in stellar investigations. Strictly we ought to take into account the change of molecular weight due to decreasing ionisation in the cooler part of the star; this may be roughly represented by taking $\mu \propto \varrho^{-2\frac{1}{2}}$. Eliminating μ in (3) we find the normal index for a gaseous star to be 2·5.

If atomic theory is to be trusted no kind of matter in stellar conditions can have a normal polytropic index greater than 3. Incompressibility diminishes n, and $n = 0$ corresponds to perfect incompressibility. For ordinary terrestrial matter near the limit of compressibility the normal index must be nearly zero; and I think that the same will hold for the superdense matter (density of order 100000) in white dwarf stars. The ions probably retain their L rings, or at least their K rings, and jamming is likely to set a limit to the compression. This view differs entirely from that advocated by most recent writers on the subject who find extraordinarily high compressibility for "degenerate matter"; according to them the normal index is $1\frac{1}{2}$ or even 3 (the latter referring to relativistic degeneracy). I do not find their discussion convincing*; but even if they are right the rule that the normal index is not greater than 3 is confirmed.

We see also from (3) that whenever n is greater than the normal value, β diminishes outwards. This is true also for non-gaseous matter. But the range of β is very restricted and it cannot diminish overmuch; thus we cannot have a large and long-continuing excess of n above normal. If β drops to $\frac{1}{3}$, radiation pressure is $\frac{2}{3}$ of the whole pressure, and if it drops much further the stability of the star is likely to be endangered. It would probably be fair in most stars to take $\beta = 1$ and $\frac{1}{3}$ as approximate limits which must not be passed. If we start at the centre with the value $n = 5$, we shall find that before we have traversed more than a fraction of the enormous drop of density between the centre and the outside we have reached our limit of β, and n must then be reduced to its normal value or lower.

* Monthly Notices, R. A. S. **91**, 440 (1931).

** "Greater than 5" must be understood to include values between $-\infty$ and -1, since it is $1/(n+1)$ that is averaged.

* The condition for applicability of the degeneracy formula is stated to be that the temperature must be *low* enough. Why then does it not apply to terrestrial solids and liquids? Presumably there is some other limitation; but there seems to have been no attempt to formulate it, or to show that it is satisfied in stellar conditions.

Broadly speaking n can only be raised above its normal value by "borrowing", and the value of β is a measure of the "debt" incurred. Since β returns to a value near unity at the photosphere, the debt has to be repaid, that is to say there is a compensating region where n is below normal. Also, as already stated, the amount of this borrowing is limited. It will be seen that there is not much scope for deviation from a distribution which corresponds throughout to the normal polytropic index of the material; still less is there scope for deviation in the average concentration indicated by Ω, for borrowing in one part of a star and repaying in another tends to compensate itself as regards the average value $\bar{n}$.

A model in which the polytropic index has its normal value everywhere may be called a "normal model". It follows from the definition that β is constant throughout. We have seen that the possible deviation of any actual distribution from the normal model is strictly limited, so that within reasonable limits it should serve as a good approximation. In particular it should give a good approximation to Ω.

Incomplete Polytropes. The tabulated solutions of EMDEN's equation refer to complete spherical distributions of matter and are restricted by the condition that there can be no singularity or place of infinite density within the sphere. EMDEN also treated other solutions of his equation which have a singularity at the centre of the sphere; in this case the complete polytrope can have no physical counterpart, but it may represent a physical distribution for a range of r which does not include the centre.

Suppose, for example, that stellar material obeys the polytropic law $P \propto \varrho^{\gamma}$ with sufficient approximation throughout a fairly wide range of temperature and density, but that the approximation fails at very high density and at very low temperature. We have then an incomplete polytrope limited to a spherical shell between radii r_1 and r_2; outside these limits a different law applies. If there is no inner limit r_1, but only an outer limit r_2, the tabulated solution (without central singularity) applies; the only difference is that values of n greater than 5 (which we formerly excluded because they gave infinite mass for the complete distribution) may now be permissible. When there is an inner limit r_1, so that the centre is excluded, the appropriate solution is generally a polytrope with a central singularity; it is only when the actual mass within r_1 happens to be the same as that given by continuing the tabulated solution to the centre that the tabulated solution applies.

These additional solutions may be divided into two classes which we shall call "excess solutions" and "defect solutions"; these correspond respectively to central singularities of positive and negative mass. It can be shown that when the polytropic index in the core is less than in the outer region a defect solution is required; when it is greater, an excess solution is required. From what has already been said it is clear that the conditions will generally require a defect solution; and it is this type of distribution that we expect to find in white dwarf stars. The occurrence of excess solutions (called "centrally condensed" distributions) has been the subject of speculation; but at present no physical theory of stellar matter has been put forward which would permit them.

A great deal has been written recently on the properties and mathematical behaviour of these non-finite solutions; but for the most part it is exercise for the pure mathematician and the relevance (if any) to astronomical problems is rather remote. Owing to the fact that they are untabulated there is no saving of labour by employing them as standard models; and the astronomer concerned with this type of problem usually prefers to treat a model more directly corresponding to some physical hypothesis, e. g. a point-source model. Since they involve an additional parameter besides the polytropic index, complete tables would be very extensive; but a set of not too elaborate tables for $n = 2^1/_2$ or 3 would probably be found useful for a number of purposes.

In this brief survey I have confined myself to the most general results which follow from the conception of polytropic index. More detailed progress can be made when we introduce a definite formula for the coefficient of opacity ($k \propto \varrho / T^{\frac{1}{2}}$) and apply the equations of radiative equilibrium. The result is a well-known quartic equation determining the value of β, which may be taken as roughly constant through the main part of the mass of the star. From this the mass-luminosity relation is derived. I will not enter upon these developments. In an account of the subject which can have any real value it is not possible to avoid controversial points; and the outlook I have described may perhaps be considered a personal one. Let my conclusion therefore be one with which all who are applying EMDEN's polytropes in their various ways will unite — a cordial wish for the good health, long life, and prosperity of our leader.

Robert Emden und die Physik der Atmosphäre.

Von R. SÜRING, Potsdam.

Wenn die Meteorologen Glückwünsche zum siebzigsten Geburtstage von R. EMDEN darbringen und sich dabei seiner wertvollen Untersuchungen auf ihrem Forschungsgebiet erinnern, so werden sie dabei vielfach nicht nur an die Ergebnisse seiner Arbeiten denken, sondern auch an die Art, wie er die Probleme angegriffen hat. Seine Methode der Didaktik ist manchmal für den Erfolg

mehr entscheidend gewesen als der Wert seiner geistigen Arbeit selbst, und es hat vielleicht gerade anläßlich des siebzigsten Geburtstages — auch in historischer und psychologischer Hinsicht — allgemeineres Interesse, hieran zu erinnern und es an einigen Beispielen zu erläutern.

Als Dozent für Physik und Meteorologie an der Technischen Hochschule in München hat EMDEN gern — wie er in dem Vorwort zu seinem 1907 erschienenen Buch über Gaskugeln ausführt — meteorologische und kosmologische Themata als praktische Beispiele der theoretischen Mechanik und Thermodynamik benutzt, um so den Stoff zu beleben und den Hörer zu numerischem Rechnen anzuregen. Die didaktische Methode EMDENS ist nun eine ganz verschiedene gewesen, je nachdem er sich an einen weiteren Leserkreis oder an seine meteorologischen Fachgenossen wendete; im ersten Falle eindringlich und ausführlich, das Thema durch Beispiele sorgfältig erläuternd und gründlich zahlenmäßig belegend, im zweiten Falle knapp und spröde, jedes Wort gleichsam auf seine Notwendigkeit abwägend, Einzelfragen und Anwendungen mit Näherungslösungen gegen das Grundsätzliche zurückstellend. Ein solches Verfahren hat natürlich nur dann Erfolg, wenn es sich um ein Thema handelt, das zur Zeit die Gemüter der Fachkollegen stark bewegt, während bei weniger aktuellen Fragen die Bedeutung der Arbeit leicht zu wenig beachtet wird.

Ein besonders glücklicher Gedanke war es z. B., als EMDEN die „Grundlagen der Ballonführung" allgemeinverständlich und — was wichtiger war — unmittelbar praktisch verwendbar darstellte. Der Kugelballon war zu Anfang dieses Jahrhunderts ein sehr beliebtes Sportgerät geworden; allein in Deutschland wurden vor 25 Jahren etwa 500 Freiballonfahrten jährlich ausgeführt, und die Zahl stieg bis zum Kriege fast auf das Doppelte. Die Ballonführer konnten ihre Tüchtigkeit bei vielen nationalen und internationalen Wettbewerben messen, aber um den physikalischen Vorgang kümmerten sich anfangs die wenigsten, und die Erfolge waren häufig mehr ein Ergebnis des Zufalls als der Überlegung und der besseren Leistung. EMDEN hat ihnen eindringlich bewiesen, was mit physikalischer Überlegung zu erreichen ist. Schon seit 1901 hatte er in Vorträgen und kürzeren Aufsätzen einige der Gesetze erörtert, denen der Kugelballon während der Fahrt gehorcht, aber es war doch für die meisten eine Überraschung, als 1910 bei B. G. TEUBNER das kleine Buch erschien, aus dem der Führer während der Fahrt mittels ganz einfacher Rechenoperationen überschlagen kann, um wieviel Prozent die Tragkraft durch Druck und Temperatur in der Höhe gestiegen war, wo der Ballon seine Normalhöhe überschreitet, wieviel Sack Ballast für die Landung zurückbehalten werden muß u. dgl. Durch weitgehende Anwendung von Relativ- und Prozentzahlen, Änderungswerten statt absoluter Werte gelangt EMDEN zu so einfachen Berechnungsvorschriften, daß darüber vielleicht am meisten die akademischen Ballonführer erstaunt waren. In deutschen Ballonführerkreisen ist das EMDENsche Buch zum allgemeinen Ratgeber geworden, und jeder Führeraspirant muß wenigstens die wichtigsten EMDENschen Regeln kennen. Leider ist das Buch im Handel vergriffen, und leider ist auch der seinerzeit als Fortsetzung in Aussicht gestellte Band über die Grundlagen der meteorologischen Schulung des Führers nicht erschienen.

Während dieses Beispiel der EMDENschen Arbeitsweise mehr der Praxis entnommen ist, sei als zweites Beispiel ein thermodynamisches Problem, die Einführung des Polytropenbegriffes in die Meteorologie, gewählt. Als einer der ersten — wenn nicht als erster — hat EMDEN erkannt, daß die Zustandsänderungen vertikal auf- und absteigender feuchter Luft durch polytrope Kurven (umkehrbare Wege konstanter Wärmekapazität dQ/dT) besser wiedergegeben werden können als durch die früher üblichen Adiabatendiagramme, welche uns zwar etwas über die Gleichgewichtszustände der Luftmassen, aber nichts über deren energetische Folgen bei Änderungen aussagen. Auf jeder Polytrope ist aber die zuzuführende Wärmemenge proportional der auftretenden Temperaturdifferenz, proportional der Zunahme der Energie, proportional der zugeführten Arbeit. Die Zweckmäßigkeit der Darstellung liegt darin, daß die Veränderungen von Druck, Dichte und Temperatur längs einer Polytrope auf die Veränderung einer einzigen Variablen zurückgeführt sind. Es ist nicht verwunderlich, daß insbesondere die Aerologen, welche die Kenntnis der Energieleistungen vertikaler Ströme bei so vielen Fragen brauchen, schon lange nach Verbesserung der pT-Diagramme suchten. Alle möglichen Diagramme wurden erprobt — Emagramme (Energiemengen pro Masseneinheit), Evogramme (Energie pro Volumeneinheit), Thetagramme (Änderungen äquivalent-potentieller Temperatur Θ) —, bis man sich schließlich nach dem Vorschlage von SIR NAPIER SHAW auf die Tephigramme (Temperatur T, Entropie Φ) international einigte. Vielleicht wäre man mit Hilfe der Polytropen schneller zum Ziele gekommen, aber es war ein Verhängnis, daß die ersten, schon ziemlich ausführlichen Darlegungen über die Bedeutung der Polytropenkurven für Energiebetrachtungen in dem Buche „Gaskugeln" nur von wenigen Meteorologen beachtet wurden, und daß EMDEN sich erst 1916 infolge einer schiefen Darstellung in der „Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften" zu einer Veröffentlichung in der Met. Zeitschrift entschloß, also in der denkbar ungünstigsten Zeit für ruhige Forschung, mitten im Kriege, und auch da in ziemlich abstrakter Form.

Die wertvollste meteorologische Arbeit von EMDEN ist wohl unbestritten seine Bayerische Akademie-Abhandlung über das Strahlungsgleichgewicht und atmosphärische Strahlung, ein Beitrag zur Theorie der oberen Inversion (München 1913). Hier waren auch alle Vorbedingungen für einen

vollen Erfolg vereinigt. Etwa 10 Jahre vorher hatte man die Stratosphäre mit ihrer merkwürdigen Inversion der Temperatur in 11 km Höhe entdeckt; namhafte Meteorologen wie ASSMANN, FENYI, TRABERT, VERY, TEISSERENC DE BORT, GOLD und HUMPHREYS hatten sich um die physikalische Erklärung der Entstehung der oberen Inversion bemüht, ohne das Problem ganz befriedigend gelöst zu haben. Am nächsten war GOLD der Wahrheit gekommen, indem er auf den Einfluß der Absorption der Wasserdampfbanden hinwies, ohne jedoch seine geistreichen Überlegungen zahlenmäßig genügend weit zu verfolgen. Es war EMDEN vorbehalten, nachdem er sich schon vorher zusammen mit seinem Schwager KARL SCHWARZSCHILD viel mit dem Problem des Strahlungsgleichgewichts beschäftigt hatte, an Stelle der getrennten Behandlung von Sonnenstrahlung, Erdstrahlung und atmosphärischer Strahlung lediglich die beiden Energieströme der Ein- und Ausstrahlung zu berechnen. Er hat also — wie SCHWARZSCHILD es ausgedrückt hat — eine Idealisierung des Problems eingeführt, welche die Wirklichkeit in den Hauptzügen wiedergibt und sich dabei rechnerisch gut behandeln läßt. Die Trennung des Strahlenbereiches in nur 2 Gebiete mit Schwerpunkten bei 0,47 und 10 μ hat sich für die Rechnung als sehr zweckmäßig erwiesen.

Die sehr gründliche Durchrechnung und vielseitige Betrachtung des Problems bei weiser Beschränkung des Stoffes haben sicherlich zur schnellen Verbreitung der EMDENschen Gedankengänge beigetragen. Der weiteren Forschung des Wärmeumsatzes strahlender Luftschichten, die gerade jetzt wieder eifrig betrieben wird, bleibt es natürlich vorbehalten, mit verbesserten numerischen Daten und genauerer Berücksichtigung der wirklich vorhandenen Verhältnisse die EMDENschen Gedankengänge auszubauen. Der Name EMDEN wird aber immer mit diesen Studien verbunden bleiben. Wir Meteorologen wünschen gelegentlich des siebzigsten Geburtstages, daß den Jubilar bald wieder thermodynamische Gedankenspaziergänge auf meteorologisches Gebiet führen werden.

Neuere Ergebnisse der Präzisionszeitmessung durch Shortt-Uhren.

H. C. FREIESLEBEN, Hamburg.

In einem Aufsatz in den Monthly Notices (**89**, 615) vergleicht HOPE JONES treffend die Steigerung in der Genauigkeit der Zeitmessung mit der Steigerung der Mittel für den Artilleriekampf der Kriegsschiffe. Wirksamere Geschütze führten zur Erfindung stärkerer Panzerplatten, die wiederum neue Geschosse erfinden ließen, um auch diesen verstärkten Panzer zu durchdringen. So ist in der Zeitmessung ein Wettlauf zu beobachten zwischen Zeitbestimmung, Uhr und Uhrvergleich (Chronograph), der immer wieder zu überbieten sucht, was die eine Seite an Genauigkeit vor den anderen voraus hat. Nach Erfindung des unpersönlichen Mikrometers war es die Zeitbestimmung, die am genauesten war; heute, wo es Shortt-Uhren gibt, ist jedenfalls die Zeitbestimmung an Genauigkeit geschlagen.

HOPE JONES ist der Verfasser des Buches „Electric Clocks", N. A. G. Press Ltd., London. Dieses Buch schildert die Anwendung der Elektrizität auf die Zeitmessung, die ihre größte Vervollkommnung durch die Erfindung der Shortt-Uhren erfahren hat. Über die Hälfte des Buches ist der Wiedergabe historischer Tatsachen gewidmet; erste Versuche, elektrische Uhren zu bauen, aus der Zeit von 1840 von BAIN und WHEATSTONE, führen über Arbeiten z. B. von HIPP, von FROMENT und von vielen anderen schließlich zu den Arbeiten der Synchronome Company, London. HOPE JONES gehört diesem Hause an, er hat dort bahnbrechend auf die heutige Gestaltung der Präzisionszeitmessung eingewirkt. Auf Grund der Ideen des Ingenieurs W. H. SHORTT brachte die Synchronome Company schließlich das „freie Pendel" hervor, die Shortt-Uhr. Der zweite Teil des Buches schildert die Arbeiten, die zur Erfindung dieser Präzisionsuhr führten, deren Ergebnisse bereits von verschiedenen Seiten diskutiert und veröffentlicht worden sind.

Das Prinzip der Shortt-Uhr, zuerst von R. J. RUDD (1898) gebraucht, sucht der Lösung *des* Problems wissenschaftlicher Zeitmessung näherzukommen, nämlich ein Pendel frei von irgendwelcher Nachhilfe schwingen zu lassen. (Dies läßt sich natürlich völlig nie erreichen.) Dazu wirken zwei Uhren zusammen, die Hauptuhr mit freiem Pendel, welches die Zeit mißt (master-clock), und die Hilfsuhr, welche durch die Hauptuhr synchronisiert wird, im übrigen aber Steigrad und Hemmung besitzt und die Zeit angibt (slave-clock). Ein Zahnrad dieser Hilfsuhr schaltet in jeder 30. Sekunde den Antriebshebel der Hauptuhr ein, der mit einem Stein völlig stoßfrei auf eine am freien Pendel befindliche Rolle aufsetzt und niederfallend, was er nur in bestimmter Phase des Hauptpendels kann, diesem Pendel in stets gleicher Phase einen neuen Antrieb erteilt, der beim Durchgang des Pendels durch die Ruhelage sein Maximum erreicht. Der Antriebshebel löst im weiteren Fallen bei stets gleicher Stellung des Hauptpendels einen Kontakt aus, der die Hilfsuhr synchronisiert und der den Antriebshebel selbst in die Ruhelage zurückschnellen läßt. 29 Sekunden lang schwingt das Hauptpendel also völlig frei, der Antrieb, den es in der 30. Sekunde erhält, ist nicht groß, denn die Hauptuhr besitzt kein Räderwerk, in dem Energieverlust durch Reibung auftreten könnte. Da die Uhr praktisch kein Öl besitzt (außer an den Zapfen der Rolle), kann man die Uhr bei sehr niedrigem Druck laufen lassen (durchschnittlich 30 mm) (vgl. Fig. 1).

Die Beobachtungen an den Shortt-Uhren der Sternwarte Greenwich, die die Güte der Uhren deutlich beweisen, dürfen wohl als bekannt vorausgesetzt werden (JACKSON M.N. **88**, 465; **89**, 239; **90**, 268; **91**, 291). Es darf daran erinnert werden, daß man bei Untersuchungen von Uhren nach WANACHS Vorgang allgemein davon abgegangen war, der Diskussion eine Formel der Uhrstände zugrunde legen zu wollen, durch deren Ausgleichung man Temperatur-, Dichte- und Akzelerationskoeffizienten ermitteln wollte. Denn die verbleibenden Reste verhielten sich stets systematisch, rechtfertigten also die vorgenommene Ausgleichung nicht. Man ging daher zu Ausgleichungen der ersten Differenzen der Uhrstände über, also zur Ausgleichung von Uhrgängen nach der Formel

$$g = g_0 + at + bT + cD,$$

wo a, b, c Koeffizienten eines Zeitgliedes t, der Temperatur T und der Luftdichte D bedeuten. Dieser letzte Koeffizient ist für moderne Uhren bedeutungslos, da man sie unter Luftabschluß bei konstanter Luftdichte laufen läßt. (Über diese Fragen vgl. vor allem H. KIENLE, Untersuchungen über Pendeluhren. Neue Ann. der Sternwarte München V. 2.) Auch Ausgleichungen mit den zweiten Differenzen der Uhrstände, also mit den Gangänderungen, sind vorgenommen worden, wobei man so rechnete, *als ob* die sog. Gangschwankungen sich wie regellose Fehler verhielten. Hierfür hat B. WANACH den Beweis zu geben versucht, vor allem aber hat die Einführung der Gangschwankung einen praktischen Gesichtspunkt, die „mittlere" Gangschwankung gibt nämlich eine brauchbare Maßzahl für die Güte einer Uhr ab.

Bei den Shortt-Uhren aber ist eine Diskussion möglich auf Grund der Uhrstände nach der Formel

$$U = U_0 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma \int (T - T_0)\, dt\,.$$

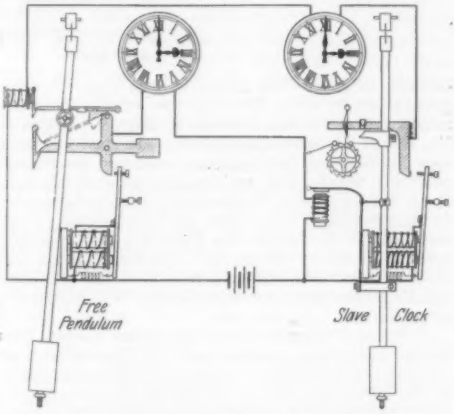


Fig. 1. Diagramm von Hauptuhr und Hilfsuhr. (Aus HOPE-JONES: Electric Clocks.)

Dabei kann die aus kurzen Zeitabschnitten gewonnene Formel über Jahre verwendet werden, um sie mit dem Verhalten der Uhr zu vergleichen. Die Abweichungen bleiben gering und lassen sich zum großen Teil durch Schwingungsbogenänderungen erklären. Man kann folglich mit solchen Uhren über lange Zeiträume extrapolieren, ohne allzu weit von „richtiger Zeit" abzuweichen. Bei den Shortt-Uhren dient also die Diskussion erstmalig nicht möglichst guter Darstellung eines Intervalls, sondern der Vorausberechnung einer Normalzeit. Sollte nämlich die Erdrotation, das hierfür bisher gültige Maß, ungleichförmig sein, so würde die Abweichung astronomisch bestimmter Zeit von den extrapolierten Angaben der Uhr der Ungleichförmigkeit der astronomisch definierten Zeit und nicht ungleichförmigem Gang der Uhr zur Last zu legen sein! Es scheint, daß man der Lösung dieser Frage durch die Shortt-Uhren erheblich nähergekommen ist.

Jedenfalls schwanken die aus den Zeitbestimmungen folgenden Uhrstände merklich um die rechnerische Mittellinie herum, sind also im Vergleich zu dem Verhalten der Uhren unzuverlässig; soweit uns Ungleichförmigkeiten der Erdrotation bekannt sind (Nutation), ist es unbedingt notwendig, sie an den gegen wahre Sternzeit gewonnenen Uhrständen anzubringen, um sie mit gleichförmiger Zeit vergleichen zu können.

Das quadratische Zeitglied der zweiten Formel entspricht dem Zeitglied der ersten Gangformel. Bei Uhren mit Räderwerk ist sein Koeffizient im allgemeinen negativ, d. h. diese Uhren akzelerieren, was nach JACKSON auf Eindickung des Öles zurückzuführen ist. Bei den Shortt-Uhren ist der Koeffizient positiv; die Shortt-Uhren retardieren also, und das läßt sich heute noch nicht erklären.

Die Genauigkeit der besten Pendeluhren ist also bereits sehr groß, um aber ein Bild zu erhalten, das die Genauigkeit dieser Uhren völlig auswertet, muß man die Uhren genauer vergleichen können, als es mit den bisher üblichen Chronographen angängig war.

Mit diesen Fragen beschäftigen sich Untersuchungen, die in Tuxedo Park (USA.) von A. LOOMIS vorgenommen wurden (vgl. M.N. **1931**, Märzheft). LOOMIS ist es gelungen, einen äußerst genauen Chronographen zu konstruieren, der einen überaus eingehenden und dazu automatischen Vergleich von Präzisionsuhren ermöglicht. Der Funkenmikrochronograph von LOOMIS gibt dieselbe „Auflösung", wie ein Schreibchronograph sie geben würde, der sich 10 Fuß pro Sekunde bewegen würde, und auf den man alle dreißig Sekunden von jeder Uhr ein Signal geben würde. — Unter einem Kamm mit 100 Nadelspitzen wird mit gleichförmiger Geschwindigkeit ein Papierband beträchtlicher Breite vorwärts geschoben, auf dem 100 Linien bereits vorgedruckt sind. Die Spitzen des Kammes sind mit hundert in einem Kreis angeordneten Nadeln verbunden, die nach oben weisen, und über denen ein Arm mit einem leitenden Ende rotiert. Die gleichförmige Umdrehungsgeschwindigkeit beträgt 10 Umdrehungen pro Sekunde. Oberhalb des Armes befindet sich ein Kupferkreis. Wird dieser durch ein Signal, z. B. von einer Uhr, geladen, so geht ein Funke über das dem rotierenden Arm nächstgelegene Nadelpaar nach der unterhalb des Papiers liegenden Kupferplatte über, die auf einem Grundpotential gehalten wird. Dabei durchschlägt der Funke das Papier und hinterläßt auf einer der Linien ein Loch, eine Zeitmarke. Vorbedingung für das Funktionieren dieses Chronographen ist die gleichförmige Geschwindigkeit der Drehachse des rotierenden Arms, deren Bewegung übrigens auch die Bewegung des Papiers steuert. Diese Gleichförmigkeit wird nun erreicht durch einen schwingenden Kristall, der über mehrere Unterstufen die Frequenz dieser Umdrehung genau kontrolliert. Eine Uhr also ist es, die den Chronographen steuert, aber keine Pendeluhr, sondern eine Kristalluhr. LOOMIS gibt an, daß der beste Kristalloscillator, den es gibt, derjenige des Bell-Telephone-Laboratoriums ist. Er gestattet die genaueste Zeitmessung innerhalb eines Tages, für längere Zeiträume allerdings sind ihm die Shortt-Uhren überlegen.

Dieser Oscillator wird verschiedentlich beschrieben. (W. A. MARRISON: A high precision standard of frequency. Proceedings of the institute of Radio Engineers, **17**, Nr 7. Derselbe: The Cristall Clock. Proc. of the nat. Acad. 1930 Juli S. 496. F. R. LACK: Bell Telephone Laboratories Record **8**, 54.) Der piezoelektrische Effekt liefert dabei den nötigen Mechanismus. Die große Konstanz der Schwingungen ist durch die wichtige Unabhängigkeit von Temperaturschwankungen bedingt, die geeignete ringförmige Stücke von Quarzkristallen besitzen (dabei liegen optische und elektrische Achse in der Ebene des Ringes). Der genannte Oscillator hat 100 000 Schwingungen in der Sekunde und läßt sich so genau mit einem anderen Quarz-

oscillator vergleichen, daß ein Wechsel von einer Schwingung auf 10^{10} über 10 Sekunden Periode entdeckt werden kann. Für den Loomis-Chronographen steuert dieser Oscillator einen anderen Oscillator der Frequenz 1000, und dessen Frequenz wird über ein eigenes, 40 Meilen langes Kabel von New York nach Tuxedo Park geleitet, wo sie den Chronographen steuert.

In Tuxedo Park befinden sich drei Shortt-Uhren, die miteinander verglichen werden. Jede gibt alle 30 Sekunden auf den Funkenchronographen einen Punkt, und die Punkte jeder Uhr bilden auf dem Papier eine gerade Linie. Haben zwei Uhren denselben Gang, so ziehen sie zwei parallele Linien von Funkendurchschlägen auf dem Papier, ändert sich aber der Gang, so werden die Richtungen verschieden. Die Richtung des Linienzuges gegen das Papier gibt die Gänge einer Uhr gegen die Kristalluhr.

Man hat also in dem Material des Chronographen eine Folge ununterbrochener automatischer Vergleichungen dieser Shortt-Uhren gegeneinander und gegen die Kristalluhr.

Es sei noch erwähnt, daß die Uhren ebenso wie der Kristalloscillator bei überaus konstanter Temperatur gehalten werden. Die Uhren laufen ferner bei sehr geringem Druck (25 mm); sie stehen im gleichseitigen Dreieck zueinander auf drei einzeln gemauerten Pfeilern.

Das Material von etwa 5 Monaten Beobachtungen ist von E. W. BROWN und D. BROUWER ausgewertet worden und hat bemerkenswerte Ergebnisse zutage gefördert (M.N. **1931**, Märzheft). Ein Teil des Materials wurde unter Verwendung sämtlicher Kontakte verwertet, das bedeutet 120 Kontakte pro Uhr und Stunde, die auf dem Chronographen abzulesen waren. Die Konstanz der Uhren und des Chronographen (bzw. der Kristalluhr) wurde für die Intervalle von 1 Minute, 1 Stunde, 1 Tag und 1 Monat untersucht. Als Einheit wurde die Millisekunde = $0^s.001$ benutzt. Änderungen über 1 ms pro 30^s sind sehr selten. Immerhin hat jede Uhr für sie charakteristische Fehler, die sich über längere Zeiträume ausgleichen und die dem Fehler der kleinen Rolle zur Last fallen, die den Impuls vermittelt und dabei stets ein Stück gedreht wird. Die Streuung der Stundenmittel ist gering, sie beträgt rund $\pm 0^s.0002$ für die Uhren, für die Kristalluhr noch weniger. Diese Werte wurden aus 55 Tagen gewonnen, für die übrigen Tage wird nur stündliche Ablesung zugrunde gelegt. Die mittleren stündlichen Gänge sind sehr konstant, sie haben einen Fehler von $\pm 0^s.0001$.

Die Untersuchung des Verhaltens der Uhren über einen Tag (wobei konstante Gangbeträge der Bequemlichkeit halber abgezogen wurden) führt zu gewissen Schwankungen der Uhrstände von eintägiger Periode. In 50% aller Fälle liegt dabei das Minimnm bei 17^h. Temperaturschwankungen des Signalisiersystems (einschließlich der Telephonlinie nach New York) werden als Ursache vermutet. Der COURVOISIERSche Effekt, nach dem Pendeluhren infolge der Deformation der Erde durch den Ätherwiderstand gegenüber Chronometern (die Kristalluhr schwingt wie ein Chronometer unabhängig von der Erdschwere) periodische Änderungen mit einer Periode von 12 Stunden aufweisen sollen, ist damit höchstens unterhalb $0^s.0001$ denkbar.

Dagegen macht sich der Einfluß des Mondes geltend, indem die direkte Anziehung des Mondes auf die Pendel (d. h. die Änderung der Schwerkraft durch den Mond) eine ausgesprochene Periode von 12 Stunden 25 Min. wie von der doppelten Dauer ergibt, also für die Dauer eines halben und eines ganzen Mondtages (vgl. Fig. 2). Die harmonische Analyse der Perioden ergibt eine nur wenig

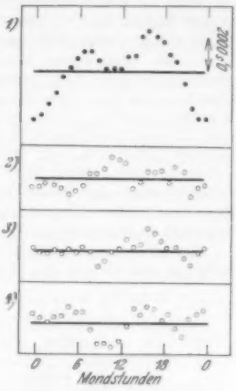


Fig. 2.
Einfluß des Mondes auf Pendeluhren; Mittel aus sämtlichen Uhrvergleichungen über 55 Tage, nach Mondstunden geordnet.
1) Uhr 1 — Kristalluhr (Chronograph)
2) Uhr 1 — Uhr 2
3) Uhr 1 — Uhr 3
4) Uhr 2 — Uhr 3

kleinere Amplitude, als theoretisch zu erwarten wäre, nämlich als $0^s.00015$. Da man theoretisch annehmen müßte, daß durch eine Tide des Erdkörpers als ganzen die Höhe des Beobachtungsortes geändert, dadurch aber die Wirkung der direkten Anziehung des Mondes gesteigert würde, daß andererseits dieser Steigerung durch den Druck der Wassermassen des Flutberges auf die Erdoberfläche nahe beim Beobachtungsort (sowie durch die Wassermassen der Südhalbkugel) entgegengewirkt würde, so ist aus der Übereinstimmung von theoretischem und beobachtetem Wert zu schließen, daß die sekundären Gezeitenwirkungen sich gegenseitig aufheben.

Bei der Diskussion der Uhrvergleichungen über längere Zeiträume erweisen sich die Shortt-Uhren an Konstanz des Verhaltens der Kristalluhr überlegen. Es sind daher für längere Zeiten die Kurven der drei Uhren gegeneinander errechnet und diskutiert worden. Diese Kurven lehren unmittelbar, wieweit man in einem bestimmten Intervall den Uhren vertrauen darf. Die maximale tägliche Gangänderung einer Uhr ist $^1/_3 \times 0^s.003$. Wichtig ist besonders, daß man durch die stetige Vergleichung der Uhren eine Normalzeit über lange Zeiträume gewinnt, indem man mit großer Wahrscheinlichkeit Gangänderungen jeder einzelnen aus den Differenzen auszusondern vermag. — Interessant ist noch, daß zwei Uhren, entsprechend der Interferenz (Koinzidenz) ihrer Pendel, eine 10,5tägige Oscillation gegeneinander hatten, die nach Gangänderung bei der einen Uhr verschwand. Erklärlich ist dies aber trotzdem nicht, denn auch die dritte Uhr wurde unregelmäßig mit beeinflußt; die gegenseitige Anziehung der Pendel ist zu gering, zudem war die Phase der beiden Perioden der einzelnen Uhren gegeneinander um 130° verschoben. Zu genauen Aussagen betreffs einer Uhr allein über so lange Zeiträume ist das Kristallsystem leider zu unsicher.

Aus dem Berichteten dürfte hervorgehen, daß die weiteren Untersuchungen über Shortt-Uhren uns in der Präzisionszeitmessung noch bedeutende Aufschlüsse gewähren werden, daß insbesondere der Versuch von LOOMIS, bei einer Uhr automatisch beim Überschreiten eines gewissen Schwingungsbogens sofort Verminderung des Antriebes zu bewirken, viel Beachtung verdient.

Ein Keilschrifttext von größter Bedeutung für die moderne Astronomie.

Von P. V. NEUGEBAUER, Berlin-Dahlem.

Im Verein mit dem bekannten Assyriologen E. F. WEIDNER hat der Verf. die Bearbeitung einer Reihe von Texten aus dem Vorderasiatischen Museum zu Berlin begonnen. Gleich der erste Text, VAT 4924, enthielt eine Beobachtung, die von fundamentaler Bedeutung für die Kenntnis der Bewegung von Sonne und Mond ist und in Astron. Nachrichten **244**, 305 eine ausführliche Behandlung erfahren hat. Der seltene Glücksfall eines derart wertvollen Textes verdient wohl eine Würdigung auch an dieser Stelle.

Der Text stammt aus dem 5. Jahre des DARIUS OCHUS (— 418/17) und meldet, daß in der Nacht des 25. Sivan (19. Juni) am Morgen Venus in das südliche Horn des Mondes eintrat. Die Nachrechnung nach den Elementen von C. SCHOCH ergab folgende Sachlage für Babylon (bürgerliche Zeit): Venus ging um $2^h\ 55^m$ kurz nach dem Mond auf; um $4^h\ 0^m$ (11 Minuten vor Beginn der bürgerlichen Dämmerung) war die kürzeste Distanz 0,03° vom Mondrand erreicht. Da Venus nahezu ihre größte Helligkeit hatte, bewirkte die Irradiation ein Zusammenfließen mit dem Mondhorn. 46 Minuten später ging die Sonne auf.

Venus mußte nach dem theoretischen Aufgang sich erst über den Dunst des Horizontes erhoben haben, um sichtbar zu sein, und dann eine Weile noch getrennt vom Mond gesehen worden sein, damit der „Eintritt" als solcher festgestellt werden konnte. Bei Sonnenaufgang andererseits stand sie 22° hoch genau im Osten, war also in dem hellen Segment des Osthimmels kaum mehr für das freie Auge sichtbar. Durch die Gunst der Umstände läßt sich damit das eine der beiden bei antiken Beobachtungen immer sehr zweifelhaften Momente, die Beobachtungszeit, in die engen Grenzen zwischen 100 und 10 Minuten vor Sonnenaufgang in Babylon eingrenzen. Das zweite Moment, der Ort der Beobachtung, läßt sich, wie später gezeigt wird, fast mit Gewißheit auf Babylon festlegen.

Die Nachrechnung der Konjunktion nach verschiedenen allgemein anerkannten Elementensystemen von Mond und Sonne ergab folgendes Resultat:

Elemente	Zeit der Konjunktion	Sichtbarkeit für Babylon	Kleinster Abstand der Venus vom Mondrand in Teilen des Monddurchmessers
1. HANSEN	55 Min. vor Sonnen-A.	gewiß	1/13
2. HANSEN + empir. Korr. OPPOLZER	13 „ „ „	etwas fraglich	1/9
3. C. SCHOCH	46 „ „ „	gewiß	1/17
4. NEWCOMB	7 „ „ „	sehr fraglich	1/7
5. BROWN	23 „ nach Sonnen-A.	unmöglich	1/6
6. COWELL I	8 „ „ „	unmöglich	1/3
7. COWELL II	114 „ „ „	unmöglich	3/5

Nach den Elementen von SCHOCH ist die Konjunktion in einer Zone sichtbar, die nach Länge im Osten von Schiras, im Westen von Kairo begrenzt wird. Bei Fall 2 wird die Sichtbarkeit schon für das östliche Mesopotamien fraglich, und bei den Fällen 5 und 7 kommen wir gar mit der Ostgrenze nach Griechenland und noch weiter westlich. Dazu kommt noch folgender Umstand: Je mehr sich die Konjunktion verspätet, um so weiter nördlich bleibt der Mond von Venus entfernt! Das zeigt die letzte Spalte der Tabelle mit unerbittlicher Deutlichkeit. Für Orte auf der Breite von Babylon wird also das Zusammenfließen der Bilder infolge von Irradiation um so unwahrscheinlicher, je weiter wir uns westlich von Babylon entfernen; der Beobachtungsort muß dann, um eine vergrößerte Mondparallaxe zur Verkleinerung des Abstandes zu erhalten, weiter nach Norden zu gesucht werden. Damit kommen wir in die Gegend des nördlichen Kleinasiens und Thraziens, was um diese Zeit für einen Keilschrifttext sehr unwahrscheinlich wird. Das alles spricht für Babylon als Beobachtungsort.

Die einzigartige Bedeutung des Textes liegt nun darin, daß sich — was hier nicht näher erörtert werden soll — graphisch aus ihm folgern läßt, daß das für Finsternisse entscheidende Element, die Differenz der mittleren Längen von Mond und Sonne (berechnet für den Anfang des Beobachtungstages) sowie sein säkulares Glied zwischen ganz bestimmten engen Grenzen liegen müssen, wenn die Konjunktion für Babylon sichtbar sein soll.

Die säkularen Glieder in der Länge von Mond und Sonne lassen sich wohl aus modernen Beobachtungen ableiten, aber das genügt nicht, wenn es sich um fernliegende Zeiten handelt. Die Theorie arbeitet mit einem konstanten Zeitmaß, und es steht heute bereits sicher fest, daß die Erdrotation eine mehr oder weniger regelmäßig fortschreitende Verlangsamung erfährt. Es ist

Fall 1 ist ein Zufallstreffer, denn die Elemente von HANSEN wurden von OPPOLZER als so un-

also das Zusatzglied einer „säkularen Acceleration" erforderlich, das die Korrektur des nicht konstanten Zeitmaßes bedeutet und nur aus alten Beobachtungen erschlossen werden kann.

Die Bestimmung dieser säkularen Acceleration ist nun SCHOCH vorzüglich gelungen. Wie der Verf. an anderer Stelle gezeigt hat, stellen seine Elemente alle Sonnenfinsternisse von der Neuzeit bis ins Altertum zurück restlos gut dar und schneiden auch hier wieder am besten ab. Das ist um so mehr zu betonen, als SCHOCH zu Lebzeiten die verdiente Anerkennung nicht gefunden hat.

Es ist nicht uninteressant, hier auch die Gründe zu beleuchten, weshalb SCHOCH als Außenseiter über Autoritäten wie NEWCOMB und BROWN den Sieg davontrug. SCHOCH war Humanist und legte den ihn besonders interessierenden Sonnenfinsternissen des Altertums das größte Gewicht bei. Es ist gewiß kein Zufall, daß die nächstbesten Treffer 1 und 2 auf Autoren führen, die ebenfalls der Diskussion alter Sonnenfinsternisse den größten Wert beimaßen, auf HANSEN und OPPOLZER. Ganz anders lag die Einstellung bei NEWCOMB. Ohne die Bedeutung dieses hervorragenden Astronomen irgendwie antasten zu wollen, muß doch gesagt werden, daß er eben — zu sehr Astronom war. Seinen Grundsatz, daß eine Sonnenfinsternis des Altertums nur dann für die Mondtheorie von Wert sei, wenn Ort und Zeit der Beobachtung genau bekannt seien, hielt er mit solcher Zähigkeit fest, daß er sogar die paradoxe Behauptung aufstellte, für die Mondtheorie seien aus dem Altertum höchstens die *Mond*finsternisse des Almagest brauchbar! Es ist COWELLS Verdienst, demgegenüber den Wert der antiken *Sonnen*finsternisse energisch verteidigt zu haben, wenn er auch in der Diskussion keine glückliche Hand besaß. Wie NEWCOMB zu sehr Astronom war, ist BROWN zu sehr Theoretiker: seine Mondtafeln sind mustergültig, aber für antike Finsternisse unbrauchbar. Beiden fehlte das, was der Humanist besitzt, das feinere Gefühl für die Werte der Antike.

Der Text VAT 4924 ist eine wissenschaftliche Urkunde allerersten Ranges, und es ist zu hoffen, daß unter den zahllosen noch nicht entzifferten Tafeln sich noch manche astronomischen Texte finden werden, die von höchster Bedeutung für die moderne Astronomie sind. Eine einzige Keilschriftzeile wie die hier behandelte ist mehr wert als eine monatelange Beobachtungsreihe an einem modernen Meridiankreis.

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von MAX HARTMANN, MAX v. LAUE, ARTHUR ROSENHEIM und MAX VOLMER.
Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.
Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken.

Hebungseffekt und Grönlanddrift.

In den Naturwiss. **1930** hat O. BASCHIN[1] versucht, die durch Vergleich neuerer mit älteren Längenbestimmungen grönländischer Stationen wahrscheinlich gemachte Westdrift von etwa 36 m im Jahre[2] als Folge der Hebung Grönlands zu erklären. Er stützt seine Überlegungen auf den Satz von der Erhaltung des Rotationsmomentes: Das durch die Konstanz desselben bedingte Zurückbleiben der gehobenen Sialscholle relativ zu dem (eine größere Rotationsgeschwindigkeit besitzenden) neuen Niveau soll die Ursache eines Druckes nach Westen sein, der zur Verschiebung Grönlands in dieser Richtung führt. Obgleich diese Überlegung theoretisch richtig ist, erscheint es fraglich, ob dieser „Hebungseffekt" zur Verschiebung ausreicht, und tatsächlich glaubte kürzlich L. HENKEL[3], die Unzulänglichkeit dieses Effekts zeigen zu können. Jedoch muß die Beweiskraft seiner Argumentation aus dem Grunde bezweifelt werden, weil die hier in Frage kommende Reibung mit der gleitenden Reibung zweier Stahlplatten selbst dann nicht vergleichbar ist, wenn HENKEL, um die Unzulänglichkeit des „Hebungseffekts" für den günstigsten Fall zu zeigen, die Berührungsfläche „gut geschmiert" voraussetzt; denn nicht die Reibung zwischen festen Körpern ist beim vorliegenden Problem wirksam, sondern die Tangentialspannungen des Simas an der Basis der Sialscholle sind es, die die Westdrift entgegenwirken.

Daß sich aber auch diesen Tangentialspannungen gegenüber die Westdrift nicht durchsetzen kann, zeigt folgende Rechnung: Bei stationärer Westdrift muß der westwärts gerichtete „Hebungseffekt" mit der zonalen Komponente der Tangentialspannung im Gleichgewicht sein:

$$(1) \qquad 2\,\omega m \cos\varphi \cdot v_z = \eta \frac{\partial v_\lambda}{\partial z} \cdot F = \eta \frac{v_\lambda}{D} \cdot F .$$

Es bedeuten hierin: ω = Winkelgeschwindigkeit der Erde, φ = geographische Breite, m = Masse und F = Basisfläche der Scholle, v_z = Hebung in der Zeiteinheit (Jahr), η = Zähigkeitskoeffizient des Simas und D = Dicke der Simaschicht. Aus Gl. (1) ergibt sich die Verschiebung (v_λ) zu

$$(2) \qquad v_\lambda = \frac{2\,\omega \cos\varphi \cdot \varrho H D}{\eta} \cdot v_z ,$$

wenn mit $\varrho = m/F \cdot H$ die Dichte und mit H die Dicke der Scholle bezeichnet wird. Unter Zugrundelegung der EPSTEINschen Daten[1]: $\eta = 2{,}9 \cdot 10^{16}$ gcm^{-1}sec^{-1}, $\varrho = 2{,}9$ g cm^{-3}, $D = 1600$ km, $H = 50$ km ergibt sich aus Gl. (2)

$$(3) \qquad v_\lambda = 4 \cdot 10^{-6} \cdot v_z ,$$

für $\varphi = 70°$. Die jährliche Westdrift beträgt also nur den 250000. Teil der jährlichen Hebung, und das Verhältnis wäre noch 34mal ungünstiger, wenn man

[1] O. BASCHIN, Die Westdrift Grönlands. Naturwiss. **1930**, 747.

[2] A. WEGENER, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 4. Aufl. S. 24ff. 1929.

[3] L. HENKEL, Westdrift Grönlands? Petermanns Geogr. Mitt. **1931**, 305.

[1] P. S. EPSTEIN, Über die Polflucht der Kontinente. Naturwiss. **1921**, 501.

mit A. WEGENER[1] $\eta = 10^{18}$ g cm^{-1} sec^{-1} annimmt. Sind auch die benutzten Daten für η, D und H noch recht ungenau, so ist es doch ausgeschlossen, daß der Faktor $D \cdot H/\eta$ um neun Zehnerpotenzen emporschnellen kann; das aber wäre notwendig, wenn die Westdrift durch den „Hebungseffekt", d. h. durch das Rotationsmoment, erklärt werden sollte.

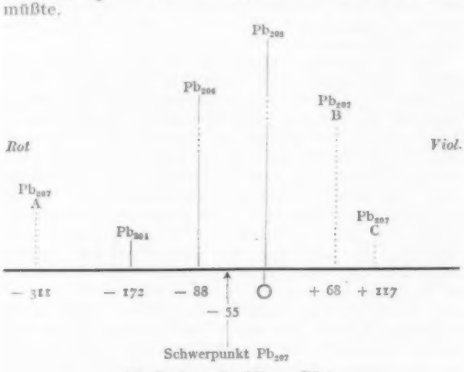
Berlin, den 1. Februar 1932. H. ERTEL.

Über den spektroskopischen Nachweis einer neuen Blei-Isotope.

Die bisherigen Untersuchungen[2, 3] über die Hyperfeinstrukturen des Bleies haben bei gewöhnlichem Blei die Existenz der Isotopen Pb_{208}, Pb_{206} und Pb_{207} bestätigt. Unsere Beobachtungen an den Pb-I-Linien $\lambda\lambda$ 7228, 5201 und 5005 und der Pb-II-Linie λ 5609 zeigen nun, daß in allen Strukturbildern eine überzählige Komponente erscheint, die, im Hinblick auf den Isotopenverschiebungseffekt, immer dort liegt, wo die Isotope Pb_{204} zu erwarten ist. Würden wir annehmen, daß diese neue Komponente nicht eine gerade Isotope darstellt, sondern eine Teilintensität einer aufspaltenden, neuen ungeraden Isotopen, so könnte es sich nur um Pb_{205} handeln, das aber dann wegen der Lage der Linie ein Kernmoment größer als $^3/_2$ besitzen müßte. Da es jedoch sehr unwahrscheinlich ist, daß bei sämtlichen beobachteten Linien die anderen Teilintensitäten immer verdeckt sein sollten, so ist die Deutung der neuen Komponente als Pb_{204} die plausibelste.

Ein Vergleich der neuen Komponente im Strukturbild der λ 7228 mit der schwächsten Teilintensität von Pb_{207} ($I = {}^1/_2$) zeigt, daß sie in dem benutzten Akkumulatorenblei etwa $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$ der Intensität von Pb_{207} besitzt. Im Hinblick auf die ASTONschen Mengenverhältnisse ist demnach die neue Isotope etwa 1% der Gesamtintensität aller Blei-Isotopen.

Da Pb_{204} eine Isobare von Hg_{204} ist, so scheint es verständlich, daß ASTON, infolge der Anwesenheit von Quecksilber in seiner Apparatur, die Existenz dieser Isotope nicht beweisen konnte. Wir haben auch nach der von ASTON angegebenen Isotope Pb_{209} gesucht und bisher keine sicheren Andeutungen gefunden, so daß diese Isotope eine Intensität kleiner als 1% besitzen müßte.



Pb-I, λ 7228 ($^1D_2 - {}^3P_1$).

[1] a. a. O., S. 175.
[2] H. KOPFERMANN, Naturwiss. **19**, 400, 675 (1931).
[3] T. C. MCLENNAN, A. B. MCLAY und M. F. CRAWFORD, Proc. roy. Soc. Lond. (A) **133**, 652 (1931).

Als Beispiel für die typische Lage der neuen Komponente ist in der Figur das Strukturbild der λ 7228 mitgeteilt. Die Abstände sind in 10^{-3} cm^{-1} angegeben. Die $^3P_1$-Aufspaltung[1], A bis C, ist 430 und die $^1D_2$-Aufspaltung, B bis C, 49.

Die spektroskopischen Untersuchungen KOPFERMANNS mit Uranblei zeigen (nach einer freundlichen mündlichen Mitteilung), daß es die Isotopen Pb_{206} und spurenweise Pb_{207} enthält. Es wäre interessant, im Spektrum des Uranbleis und des Thorbleis auch nach dieser neuen Isotope zu suchen, um festzustellen, ob sie evtl. als Endprodukt einer radioaktiven Zerfallsreihe existiert.

An anderen Orten wird eine eingehende Darstellung gegeben werden.

Berlin-Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium, Einstein-Institut, den 1. Februar 1932.
H. SCHÜLER, E. G. JONES.

Der Einfluß von Pyocyanin auf die Atmung von normalen Geweben und Tumoren.

Die WARBURGsche Theorie, wonach die Tumorzelle an einer relativen Insuffizienz ihres Atmungsfermentes krankt, so daß selbst unter aeroben Bedingungen die Bilanz der PASTEUR-MEYERHOFschen Reaktion einen Überschuß von Milchsäure aufweist, legt den Gedanken nahe, diese Insuffizienz durch Zufügen eines Hilfskatalysators zu kompensieren. Diese Arbeitshypothese erhält Gewicht durch die Beobachtung, daß ein entsprechender Mechanismus tatsächlich in der Natur vorkommt: Bac. pyocyaneus enthält neben Cytochrom noch ein dem tierischen Atmungsferment analoges, für KCN und CO empfindliches Atmungsferment. Doch selbst bei freiem Zutritt von Luftsauerstoff sind diese Atmungsfermente insuffizient, wenigstens für den Fall, daß das Bakterium sich in einem nährstofffreien Medium befindet und nur die Reservestoffe der eigenen Körpersubstanz als oxydierbares Material zur Verfügung hat. Unter diesen Bedingungen ist der Sauerstoffverbrauch minimal, der respiratorische Quotient nahe an Null. Entsprechend den von WARBURG beschriebenen Verhältnissen in der Tumorzelle lebt Bac. pyocyaneus (in indifferenten Lösungen suspendiert) selbst in Luft fast wie ein Anaerobier. Unter gewissen kulturellen Bedingungen produziert der Bacillus aber das blaue Pigment Pyocyanin, das auf Grund der Reversibilität seiner Oxydation und Reduktion als zusätzlicher Oxydationskatalysator wirkt. In seiner Gegenwart steigt der Sauerstoffverbrauch bis aufs 24fache, der respiratorische Quotient nähert sich 1,0, die Atmung wird „suffizient"[2].

Manometrische Stoffwechselversuche an Gewebsschnitten ergaben, daß Pyocyanin auch die Atmung von tierischen Geweben mit aerober Glykolyse steigert, und zwar bei Rattenhoden um durchschnittlich 20%, bei Mäusesarkom S 37 um durchschnittlich 64%, bei menschlichen Mammacarcinomen bis zu 155%, bei einem Spindelzellsarkom des Humerus um 78%, bei einem Neuroblastom der Retina um 125%. Die aerobe Glykolyse wurde bei 11 Tumoren um durchschnittlich 50% herabgesetzt.

Diese Atmungssteigerung ist an die Gegenwart von Glykose gebunden. Bei der Atmungssteigerung durch reversible Redoxsysteme muß von der eigentlichen

[1] H. GIESELER und W. GROTRIAN, Z. Physik **39**, 377 (1926).
[2] ERNST A. H. FRIEDHEIM, J. of exper. Med. **54**, 207 (1931).

katalytischen Wirkung eine scheinbare Steigerung unterschieden werden, die in dicken Schnitten durch eine Vertiefung der atmenden Gewebsschicht vorgetäuscht wird.

In Carbonatringer wird die Atmung normaler Rattenniere durch Pyocyanin nicht gesteigert, wohl aber in Phosphatringer. Pyocyanin ist weniger giftig als Methylenblau[1].

New York, Rockefeller-Institut für medizinische Forschung, den 3. Januar 1932.

ERNST A. H. FRIEDHEIM.

[1] Die ausführliche Mitteilung erscheint anderenorts.

Besprechungen.

Handbuch der Astrophysik. Band 2, Zweite Hälfte. Grundlagen der Astrophysik, zweiter Teil II. Bearbeitet von G. EBERHARD und W. HASSENSTEIN. Berlin: Julius Springer 1931. VII, S. 431—752 und 85 Abbild. 17×26 cm. Preis geh. RM 54.—, geb. RM 57.20, nach 10 prozentiger Preisermäßigung lt. Notverordnung für die vor dem 1. Juli 1931 erschienenen Bücher geh. RM 48.60, geb. RM 51.48.

Der zweite Teil des der Photometrie gewidmeten 2. Bandes des Handbuches enthält die beiden Kapitel Photographische Photometrie (G. EBERHARD, Potsdam) und Visuelle Photometrie (W. HASSENSTEIN, Potsdam). EBERHARD, dem wir eine große Reihe wertvoller Untersuchungen über die Verwendung der photographischen Platte in der Astronomie zu verdanken haben, behandelt nach zwei einleitenden allgemeinen Abschnitten (Geschichtlicher Überblick, Allgemeines, Definitionen, Messung der Schwärzung) zunächst die Eigenschaften der photographischen Platte, d. h. die „Schwärzungskurve" in ihrer Abhängigkeit von den verschiedenen Faktoren (Schichtdicke, Entwicklungsverfahren, Wellenlänge des Lichtes), sowie die Fehlerquellen (Schleier, Nachbareffekte, lokale Unregelmäßigkeiten der Schicht). Auf das allgemeine Schwärzungsgesetz wird nur ganz kurz eingegangen mit der Begründung, daß es bisher nicht gelungen sei, allgemeine Gesetzmäßigkeiten aufzudecken; bei allen Schwärzungsgesetzen handle es sich um Interpolationsformeln, die unter gewissen Bedingungen gültig seien. Man vermißt ein Eingehen auf die „Pseudoschwärzungen", die bei allen heutigen Messungen mit „objektiven Photometern" (Messung fokaler Sternbilder!) eine große Rolle spielen.

Im folgenden Abschnitt d) werden die photometrischen Methoden besprochen: das Aufkopieren von Marken mit dem Röhrenphotometer, die Variation des Fokus (KING), die verschiedenen Formen der Verwendung von Gittern und Blenden. Auf den umstrittenen rotierenden Sektor wird nicht eingegangen. Auf S. 471—472 ist ein bedenklicher Irrtum unterlaufen: es wird behauptet, daß die Skala der aus Gitteraufnahmen bestimmten photographischen Helligkeiten grundsätzlich (nicht etwa infolge instrumenteller Einflüsse) von der Farbe der zur Ableitung der Skala benutzten Sterne abhänge. Wäre das richtig, dann gäbe es überhaupt keine absolute photographische Photometrie! Umgekehrt fehlt auf S. 473 d) der Hinweis, daß die durch Anschluß an die Polsequenz bestimmte Gitterkonstante abhängig ist von dem Farbsystem des betreffenden Instruments.

Die folgenden 4 Abschnitte geben in Kürze die notwendigen Anleitungen zur Herstellung der Schwärzungskurve, zur Berücksichtigung der Schleier- und Gesichtsfeldkorrektion, sowie der Extinktion. Abschnitt i) behandelt die wichtige „Überbrückung sehr großer Helligkeitsintervalle", Abschnitt k) die photographisch-photometrischen Kataloge und die internationale Polsequenz. Bezüglich der photographischen Spektralphotometrie konnte sich der Verfasser mit einer kurzen Übersicht über die „in der Praxis bewährten Methoden" begnügen, da dieser Gegenstand bereits von BRILL in einem früheren Kapitel dieses Bandes dargestellt wurde. Ein Nachtrag berichtet über einige neueren Arbeiten zur Frage des „Eberhardeffektes", die einen Teil der früheren Bedenken beseitigt, andere Probleme neu aufgeworfen haben. Den Abschluß bildet ein umfangreiches Literaturverzeichnis, das zwar auf Vollständigkeit keinen Anspruch erhebt, dem aber kaum eine wesentliche Arbeit entgangen sein dürfte.

Man wird ganz allgemein ein gewisses Bedauern nicht unterdrücken können, daß gerade dieses Kapitel des Handbuches, verglichen mit manchen anderen, die einen weniger wichtigen Gegenstand behandeln, so knapp gehalten ist. Man hätte gewünscht, daß uns der Verfasser, der an fast allen Stellen durch eigene Arbeiten fördernd eingegriffen hat, mehr aus dem reichen Schatze seiner Erfahrungen übermittelte. Oder spricht vielleicht aus dieser Kürze die reife Skepsis eines Mannes, der so viele Versuche hat scheitern sehen?

Der Verfasser des Beitrags „Visuelle Photometrie" hat sich offenbar von vornherein eine andere Aufgabe gestellt. So ist ein ziemlich vollständiges Lehrbuch über den Gegenstand entstanden, von erfreulicher Klarheit und Zuverlässigkeit. Nach einer kurzen historischen Einleitung werden die „grundlegenden Begriffe und Prinzipien der visuellen Photometrie auf Grund der Lehren der physiologischen Optik" entwickelt. Ausgangspunkt sind die optischen und physiologischen Eigenschaften des menschlichen Auges. Daran schließt sich eine Theorie der Abbildung durch den astronomischen Refraktor an, soweit sie für die photometrischen Messungen von Bedeutung ist. Die folgenden 3 Abschnitte d) bis f) sind den Meßmethoden gewidmet, deren praktische Verwirklichung an den verschiedenen Typen von Photometern erläutert wird. Verdienstvoll erscheint hier vor allem das ausführliche Eingehen auf die Messung von Flächenhelligkeiten, die neuerdings auch bei der Konstruktion astronomischer Sternphotometer eine Rolle spielen. Die Beigabe einer großen Anzahl von guten Abbildungen der beschriebenen Photometeranordnungen erleichtert das Studium und macht ein Zurückgehen auf die Originalarbeiten unnötig, solange man nicht an ganz speziellen Einzelheiten interessiert ist.

In der visuellen Photometrie haben von jeher die reinen Schätzungen der Helligkeit eine große Rolle gespielt. Sie werden auch in Zukunft ihre Bedeutung behalten, sei es, daß man Beobachter ohne größere Hilfsmittel in den Dienst der Beobachtung veränderlicher Sterne stellen will, sei es, daß man bei der Auswertung photographischer Aufnahmen auf die Schätzung von Schwärzungsstufen angewiesen ist. Neben den verschiedenen Methoden, die vorgeschlagen wurden, werden vor allem ausführlich die Fehlerquellen diskutiert und die Methoden zur Reduktion der Stufenskalen auf photometrische Systeme. Ein Verzeichnis der wichtigsten Lehrbücher und Einzelarbeiten, das die reich in den Text als Fußnoten eingestreuten Literaturnachweise ergänzt, beschließt den Artikel, der für die nächste Zukunft das den Astronomen bisher allein zur Verfügung stehende Lehrbuch von G. MÜLLER ersetzen wird.

H. KIENLE, Göttingen.

EDDINGTON, A. S., **Das Weltbild der Physik und ein Versuch seiner philosophischen Deutung.** Aus dem Englischen übersetzt von MARIE RAUSCH v. TRAUBENBERG und H. DIESSELHORST. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn 1931. VIII, 356 S. 16×24 cm. Preis RM 12.80.

Anstatt einer neuen Besprechung, die nur wieder-

holen könnte, was bereits bei dem Erscheinen der englischen Ausgabe gesagt worden ist, steht hier die Wiederholung der Besprechung von E. SCHRÖDINGER. Es bleibt nur hinzuzufügen, daß die ausgezeichnete Übersetzung von MARIE RAUSCH V. TRAUBENBERG und H. DIESSELHORST sich wie ein Original liest.

Aus dem Vorwort: „Die ersten 11 Kapitel befassen sich größtenteils mit den neuen physikalischen Theorien, mit den Gründen, welche zu deren Annahme geführt haben, und mit den Begriffsbildungen, die ihnen zugrunde zu liegen scheinen." „In den letzten vier Kapiteln betrachte ich die Stellung, welche dieses wissenschaftliche Weltbild einnehmen sollte, im Verhältnis zu den umfassenderen Gesichtspunkten menschlicher Erfahrung, einschließlich der Religion." „Meinem Zweck konnte nicht gedient werden mit einer leichten Einführung in die Anfangsgründe der Relativitäts- und Quantentheorie; es war wesentlich, bis zu den späteren und verborgeneren Entwicklungsstufen vorzudringen, wo die Begriffe von größter philosophischer Tragweite anzutreffen sind." „Der Konversationston des Hörsaals gilt im allgemeinen als wenig geeignet für ein langes Buch, aber ich habe mich entschlossen, ihn nicht zu verändern. Ein naturwissenschaftlicher Autor, der in den mathematischen Formeln seines natürlichen und klarsten Ausdrucksmittels sich begibt, darf vielleicht auch seinerseits eine Vergünstigung vom Leser beanspruchen. Viele Teile des Gegenstandes sind ihrem inneren Wesen nach so schwierig, daß ich meine einzige Hoffnung, verstanden zu werden, darin setze, die Dinge so zu erklären, als stünde ich einem Fragenden Aug' in Auge gegenüber."

Es gibt zwei Arten von Popularisatoren. Die einen steigen aus ihrer fachwissenschaftlichen Höhe zum Leser herab, die anderen erheben sich mit ihm in eine allgemeinere Sphäre, die über der fachwissenschaftlichen liegt. Die einen schielen (oft unter der Maske wohlwollenden Mitleids mit dem minder Gelehrten) unentwegt nach den Krücken der Termini technici und mathematischen Formeln, ohne die ihnen das Schreiten sehr sauer wird. Den anderen merkt man die solze Freude an, jener Krücken auch einmal entraten und frei von dem erzählen zu können, was sie sich bei ihren langen Rechnungen und beim Durchstudieren gelehrter Bücher außerdem noch gedacht haben. Daß unser Autor zur zweiten Gruppe gehört, ist lange bekannt. Aber mit dem vorliegenden Buch hat er sich selbst übertroffen. Eine leichte Lektüre ist es nicht, obwohl es (außer an einigen Stellen scherzweise) keine einzige mathematische Formel enthält. Allgemein naturwissenschaftliche Bildung, vor allem Verständnis für naturwissenschaftliche Zielsteckung sind wohl nötig, um an dem Buch Freude zu haben, und außerdem ein gewisser Aufwand an Mühe und Konzentration. Wer sie daran wendet, sei es auch nur an einzelne Kapitel, der wird auf seine Rechnung kommen. Denn es wird nicht versucht, ihm durch ein knarrendes Wortgerüst die — in Wahrheit unersetzliche — Mathematik zu ersetzen, sondern er sieht die Gestalten und Erscheinungen der modernen Naturerklärung befreit von den Fesseln strenger Deduktion einherschreiten — vues à travers un tempérament, es ist wahr — aber *diese* Brille ist nötig, wenn die neutralere Brille der Mathematik fehlt.

Originelle, geistvolle und witzige Einfälle durchsetzen die Darstellung. Selten findet, wer mit dem Gegenstand vertraut ist, an einer Stelle genau das gesagt, war er schon aus zehn anderen populären Wiedergaben kennt. Oft läßt uns gerade die Wendung, die E. der Sache gibt, innewerden, was an der üblichen Auffassung geistesarm war. Wie der SHAKESPEARESche Narr, so übergibt uns dieser lächelnde Weise oft eine tiefe Wahrheit, eingewickelt in einen schlechten Witz.

Auf Einzelheiten einzugehen, verbietet sich. Gegen den philosophischen Gesamtaspekt sind Einwände möglich, wie gegen jede tiefgründige originelle Auseinandersetzung mit dem Weltbild, aber ein paar Schlagworte im Rahmen eines Referates genügen dafür nicht. Es seien noch die Kapitelüberschriften angeführt: 1. Der Untergang der klassischen Physik. 2. Relativität. 3. Zeit. 4. Das Totlaufen des Universums. 5. „Werden." 6. Gravitation: das Gesetz. 7. Gravitation: die Erklärung. 8. Der Standort des Menschen im Universum. 9. Die Quantentheorie. 10. Die neue Quantentheorie. 11. Welt-Aufbau. 12. Indexablesungen. 13. Wirklichkeit. 14. Verursachung (causation). 15. Naturwissenschaft und Mystik. Schlußwort.

E. SCHRÖDINGER, Berlin.

BRAGG, SIR WILLIAM, **Was ist Materie?** Sechs gemeinverständliche Vorträge, gehalten in der Royal-Institution. Autoris. Übers. von Dr. Finkelstein. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1931. VIII, 191 S., 57 Abbild. und 2 Taf. 13 × 19 cm. Preis RM 9,80.

Dies Buch ist bis auf wenige unwesentliche Zusätze die wörtliche Wiedergabe eines von BRAGG Weihnachten 1924 gehaltenen Zyklus von sechs Vorträgen. Die ursprüngliche Form ist für die Drucklegung sogar so weitgehend erhalten geblieben, daß, als an einem Tag das begonnene Thema nicht zu Ende geführt werden konnte, der folgende Vortrag zunächst mit dem für ihn vorgesehenen Gegenstand beginnt und erst nach dessen Erledigung der Rest vom vorigen Mal nachgeholt wird. Daß Bedenken, daß bei dem unerhörten Tempo, mit dem sich die Atomphysik entwickelt, eine Darstellung aus dem Jahre 1924 beim Erscheinen im Jahre 1931 etwas veraltet sein könnte, trifft kaum zu. Denn es handelt sich um absolut populäre Vorträge, bestimmt für ein Publikum, für das Elektronenspin oder auch Quantentheorie, abgesehen allenfalls von der ersten BOHRschen Atomvorstellung, weit jenseits der Grenzen des Verständlichen liegen und dem die allerelementarsten Gedanken über den Aufbau der Materie aus Atomen und Molekülen nahe gebracht werden sollen. Solche Popularisierung der Wissenschaft durch Fachleute höchsten Ranges ist in England eine alte Tradition, und BRAGG schließt sich ihr würdig an. Von den 6 Vorträgen behandelt der erste „die Atome, aus denen die Dinge bestehen", die zwei folgenden das Wesen der Gase und der Flüssigkeiten, die drei letzten mit größerer Ausführlichkeit, wie das ja der Name des Autors nicht anders erwarten läßt, das Wesen der Kristalle. Aber auch hier, so wenig wie in den anderen Teilen, vergißt der Vortragende die Ebene nicht, auf der er sich halten muß, weit entfernt von trockenem Dozieren (die kurz gehaltene Erklärung vom Zustandekommen der Röntgenstrahlinterferenzen haben wohl kaum alle Hörer verstanden, aber das schadet bekanntlich nichts) belebt er alles durch anschauliche Vergleiche und durch Beispiele und Anwendungen aus dem täglichen Leben: erläutert die Luftströmungen am aufsteigenden Rauch der Zigarette, den (von ihm allerdings nicht so genannten) Magnus-Effekt am „geschnittenen" Golf- und Tennisball, kommt vom Eiskristall auf Nebensonnen und fließende Gletscher und deutet aus der Graphit- im Gegensatz zur Diamantstruktur, warum Graphit ein Schmiermittel abgeben kann und man mit Diamanten Glas ritzt. Die zahlreichen die Rede begleitenden Versuche werden zwar durch die 57 Fig. und 32 Taf. nicht vollwertig ersetzt, doch reichen diese, in klarer Reproduktion, sehr wohl aus, den Text verständlich zu machen. Die Übersetzung liest sich flüssig, einige kleine Unebenheiten, etwa daß

ein deutscher Leser sich kaum wird vorstellen können, wieso man je dazu kommen sollte, auf einem mit Graphit geschwärzten „Herdstein" auszurutschen, dürfte nur dem Bösartigen auffallen. So wird der Laie, für den das Buch bestimmt ist, staunend viel Wissenswertes daraus erfahren, und der Fachmann wird sich zwar nicht wundern, aber doch sein Vergnügen daran haben. PETER PRINGSHEIM, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Spektralphotometrische Untersuchungen von δ Cephei-Sternen. Es ist bekannt, daß das Phänomen der veränderlichen Sterne einer physikalischeu Erklärung noch immer besondere Schwierigkeiten entgegenstellt. Nur bei den Cepheiden ist es EDDINGTON gelungen, durch die Annahme von Pulsationen den beobachteten Erscheinungen im großen und ganzen gerecht zu werden, ohne besondere Hilfshypothesen einführen zu müssen. Unerklärt bleibt unter dieser Voraussetzung freilich der Umstand, daß sich die Helligkeit des Veränderlichen nicht, wie zu erwarten wäre, mit dem Sternradius, sondern mit dessen zeitlicher Ableitung ändert. Trotzdem dürften die Cepheiden diejenige Klasse von Veränderlichen bilden, deren genauere Beobachtung und Untersuchung an Hand oder im Widerspruch zu der genannten Pulsationstheorie am ehesten neue, tiefergehende Erkenntnisse erwarten läßt.

Von den aus der Beobachtung zu ermittelnden Größen ist zunächst die Temperatur der strahlenden Schicht und deren zeitliche Änderung für die Physik der Sternatmosphäre von Bedeutung. Genäherte Auskunft hierüber gibt der Vergleich von visuellen mit photographischen Lichtkurven, der die Änderung des Farbenindex im Laufe des Lichtwechsels abzuleiten gestattet. Die so bestimmten Temperaturschwankungen sind aber nur zu einer ersten rohen Orientierung brauchbar. Genauere Ergebnisse liefert erst die sorgfältige Photometrierung der Spektra der Veränderlichen in verschiedenen Phasen des Lichtwechsels. Ergibt hierbei der Intensitätsverlauf im kontinuierlichen Spektrum ein Maß für die Temperatur, so zeigt gleichzeitig das Linienspektrum den Ionisationsgrad an, der bekanntlich nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Dichte abhängt.

Derartige spektralphotometrische Untersuchungen von δ Cephei-Sternen sind wohl zuerst in exakter Form im Jahre 1920 von GYLLENBERG bei S Sagittae durchgeführt worden. Seitdem sind besonders in Amerika einige weitere Arbeiten hierüber erschienen, die aber entweder an der Knappheit des verwendeten Beobachtungsmaterials oder an der geringen Exaktheit der angewandten photometrischen Methode leiden.

Die sorgfältige Auswertung eines größeren Beobachtungsmaterials liegt uns nunmehr in einer Untersuchung von P. TEN BRUGGENCATE vor [Ann. Bosscha-Sternw. 5, A 1 (1931)]. Sie bildet den ersten Teil einer Arbeit, die insgesamt die spektralphotometrische Untersuchung der 8 Cepheiden Y Sagittarii, U Sagittarii, Y Ophiuchi, S Sagittae, T Vulpeculae, V Centauri, S Normae und SZ Tauri enthalten soll. Für die Auswahl dieser Veränderlichen war neben instrumentellen Gesichtspunkten maßgebend, daß für alle diese zuverlässige Lichtkurven bekannt sind. Auch ist der Spielraum ihrer Perioden nicht unbeträchtlich — die Perioden schwanken zwischen 3 und 17 Tagen —, so daß sich eine evtl. Abhängigkeit der beobachteten Erscheinungen von der Periode bemerkbar machen wird.

Die vorliegende Untersuchung enthält die Bearbeitung der ersten 3 der oben genannten Sterne. Die Aufnahmen wurden auf der Bosscha-Sternwarte in Lembang gemacht. Als Instrument diente ein UV-Triplett von 15 cm Öffnung und 150 cm Brennweite zusammen mit einem Objektivprisma von 15° brechendem Winkel. Die dementsprechende Dispersion beträgt bei H_γ etwa 100 A pro Millimeter. Die Schwärzungen wurden mit Hilfe eines Zeissschen selbstregistrierenden Mikrophotometers bestimmt. Dieses diente in erster Linie zur Schwärzungsmessung im kontinuierlichen Spektrum. Eine Bestimmung der Kontur oder wenigstens der Totalabsorption von Linien erschien dem Verf. wegen der geringen Dispersion seiner Aufnahmen nicht möglich. Um aber den aus den Intensitätsverhältnissen des Linienspektrums folgenden Spektraltyp und seine Änderungen wenigstens qualitativ verfolgen zu können, wurden die Verhältnisse der Linientiefen der hierfür besonders geeignet erscheinenden Linien gemessen. Der Verf. benutzt hierzu die Verhältnisse von H_γ/G und H_δ/λ 4077.

Die wichtige Umwandlung der Schwärzungen in Intensitäten wurde mit Hilfe der photometrisch einwandfreiesten Methode bewerkstelligt, indem von jedem Veränderlichen einige Aufnahmen mit Prisma und gekreuztem Gitter gemacht wurden. Allerdings erlaubte die Lichtschwäche des verwendeten Instrumentes nicht die genaueste Anwendung dieser Methode, bei der bekanntlich Zentralbild und Beugungsbild erster Ordnung benutzt werden. Es mußte vielmehr Bild ohne Gitter und Zentralbild mit Gitter miteinander verglichen werden, wobei die Aufnahmen unmittelbar hintereinander mit gleicher Belichtungszeit gemacht wurden, ein Verfahren, das natürlich zu gewissen Bedenken Anlaß gibt.

Bevor wir nunmehr zur Besprechung der Resultate übergehen, wollen wir noch darauf hinweisen, daß alle diese Spektra wegen des verwendeten Objektivs nur für einen verhältnismäßig kleinen Wellenlängenbereich gut definiert sind. Dieser erstreckt sich etwa von λ 4460 bis λ 3700.

Der Verf. hat sein Material zuerst zur Ableitung monochromatischer Lichtkurven für jeden einzelnen Veränderlichen benutzt. Und zwar hat er die Intensitätsschwankungen an 5 verschiedenen, möglichst linienarmen Stellen des kontinuierlichen Spektrums bestimmt. Aus dem eben genannten und aus praktischen Gründen wählte er hierfür die Stellen λ 4458, λ 4347, λ 4241, λ 4140, λ 4048. Hierbei zeigt sich zunächst die bekannte Zunahme der Amplitude mit abnehmender Wellenlänge. Auch das Auftreten sekundärer Wellen in der Lichtkurve scheint eine Funktion von λ zu sein. Dagegen ist die Asymmetrie der Lichtkurven von dieser unabhängig.

Die Hauptresultate der Arbeit liegen aber, dem oben Gesagten entsprechend, in der Ableitung von Farbtemperaturen aus diesen monochromatischen Lichtkurven. Unter Farbtemperatur ist hierbei die Temperatur desjenigen schwarzen Körpers gemeint, dessen Intensitätsverlauf sich in dem betrachteten Wellenlängengebiet λ 4048 bis λ 4458 am besten der Intensität des untersuchten Veränderlichen anschließt. Bestimmt man die so definierte Farbtemperatur für die verschiedenen Phasen des Lichtwechsels, so kann man die hiermit erhaltene Farbtemperaturkurve mit der mittleren photographischen Lichtkurve (dem Mittel aus den 5 monochromatischen Kurven) vergleichen. Hierbei ergibt sich, daß die Temperaturkurve etwas symmetrischer verläuft als die Lichtkurve oder anders

ausgedrückt, daß die Veränderlichen — diese Tatsache ist für alle 3 die gleiche — „in jedem Punkte des aufsteigenden Astes der beobachteten Lichtkurve eine gleiche oder etwas höhere Farbtemperatur besitzen als in Punkten korrespondierender Helligkeit auf dem absteigenden Ast". Weiterhin zeigt sich, daß die maximalen Temperaturen mit den SHAPLEYschen Schätzungen des Spektraltyps gut verträglich, die Minimumstemperaturen aber viel zu klein sind. Errechnet man umgekehrt die photographische Helligkeitsamplitude, die der gefundenen Temperaturschwankung entsprechen würde, so findet man diese 2—3 Größenklassen größer, als sie die Beobachtung ergibt.

Der Verf. versucht nun unter Hinzuziehung der EDDINGTONschen Theorie, den Lichtwechsel in einen reinen Temperaturlichtwechsel und einen Pulsationslichtwechsel, der durch die Änderungen der strahlenden Oberfläche des Cepheiden entsteht, zu trennen. Die Größe des letzteren, dessen Einfluß im Verhältnis zu dem ersten gering ist, ist allerdings wegen unserer Unkenntnis direkt gemessener Radien der Cepheiden nur schätzungsweise zu bestimmen. Man kann aber für die Amplitude des Pulsationslichtwechsels wenigstens eine untere und eine obere Grenze festlegen. Berücksichtigt man diese Werte, so sagt die oben dargelegte Beobachtungstatsache nunmehr aus, daß „jedem Punkt auf dem absteigenden Ast der Farbtemperaturkurve eine kleinere Temperaturhelligkeit entspricht, als den Punkten korrespondierender Farbtemperatur auf dem aufsteigenden Ast der Farbtemperaturkurve". Eliminiert man also den Pulsationslichtwechsel, so zeigt sich, daß der dann übrigbleibende Temperaturlichtwechsel keine reine Funktion der Farbtemperatur allein ist. Dieser Befund besagt mit anderen Worten, daß die auf die oben beschriebene Weise bestimmte Farbtemperatur noch keineswegs die wirkliche Temperatur der strahlenden Schicht ist, ein Ergebnis, das ganz dem entspricht, welches der Verf. über das Verhältnis von Farbtemperatur zu Spektraltyp gefunden hat. Der Verf. ist der Ansicht, daß dieses Ergebnis unabhängig davon ist, daß bei der Bestimmung der Farbtemperatur nur ein verhältnismäßig kleines Wellenlängengebiet benutzt werden konnte, ob zu Recht, darüber soll eine Untersuchung des Referenten unter anderem Klarheit schaffen.

Neben dem kontinuierlichen ist nun auch das Linienspektrum, und zwar, wie schon gesagt, im besonderen das Intensitätsverhältnis von H_γ/G und H_δ/λ 4077 und seine Änderung mit der Phase des Lichtwechsels wenigstens qualitativ untersucht worden. Seine Größe ist nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Dichte der Atmosphäre abhängig. Um beide Einflüsse voneinander zu trennen, benutzt der Verf. die Voraussetzungen der Pulsationstheorie. Es werden zunächst zwei Zustände gleicher Dichte, aber verschiedener Temperatur miteinander verglichen, Bedingungen, die theoretisch angenähert zu den Zeiten des Lichtmaximums bzw. -minimums erfüllt sind. Die Beobachtung ergibt hier der Erwartung entsprechend ein starkes Anwachsen der obigen Intensitätsverhältnisse bei wachsender Temperatur. Eben derselbe Effekt zeigt sich aber auch bei zunehmender Dichte, wenn man zwei Zustände gleicher Temperatur aber verschiedener Dichte miteinander vergleicht. Dieser Befund ist physikalisch ganz unverständlich. Man würde unter der plausiblen Annahme, daß die pulsierende Atmosphäre sich angenähert im thermo-dynamischen Gleichgewicht befindet, das Gegenteil erwarten.

Der Verf. ist der Ansicht, daß die hier auftretende Diskrepanz ähnlich wie die früheren dadurch hervorgerufen wird, daß die Farbtemperaturen kein Maß für die wirklichen Temperaturen der strahlenden Schicht sind. Er zieht den Schluß, „daß die gemessenen Farbtemperaturen dadurch verfälscht sind, daß der Intensitätsverlauf im kontinuierlichen Spektrum der Cepheiden im betrachteten Wellenlängenbereich $\lambda\,4500 \geqq \lambda \geqq \lambda\,4000$ durch physikalische Prozesse im Stern modifiziert wird zwar in verschiedenem Maße je nach der Phase des Lichtwechsels und verschieden stark von Stern zu Stern".

Der Referent ist damit beschäftigt, ähnliche Untersuchungen an lang- und kurzperiodischen Cepheiden durchzuführen. Als Instrument wird ein kleiner Spiegel mit großem Öffnungsverhältnis benutzt, dessen Lichtstärke zunächst die Anwendung der genauesten Prisma-Gitter-Methode zur Gewinnung der photometrischen Skala erlaubt. Vor allem aber ermöglicht er die Untersuchung der Spektra bis ins rote Gebiet, also über einen größeren Wellenlängenbereich, was für eine weitere Klärung der oben angeführten Zusammenhänge wichtig sein dürfte. H. BRÜCK.

Die Rotation der Sonne. Daß die Sonne rotiert, ist schon lange, vorwiegend aus Fleckenbeobachtungen, bekannt. Die Untersuchungen von R. CARRINGTON und G. SPÖRER hatten gezeigt, daß sie keineswegs wie ein starrer Körper rotiert. In der Zone des Sonnenäquators beträgt nämlich die siderische Rotationsperiode rund 25 und in 45° Breite etwa 27 Tage. Dementsprechend nimmt in demselben Bereiche die Winkelgeschwindigkeit von 14,5 auf rund 13° ab[1]. Die lineare Geschwindigkeit am Äquator beträgt rund 2 km/sec. Diese Ergebnisse wurden nahe übereinstimmend für die aus Flecken, Fackeln und „umkehrender Schicht" ermittelte Rotation gefunden. Im letzten Falle wird die Rotation spektroskopisch bestimmt, in den beiden anderen Fällen werden Positionsbestimmungen der betreffenden Gebilde vorgenommen, wobei auf sorgfältige Auswahl „stabiler" Individuen Bedacht zu nehmen ist.

Während die in verschiedenen Sonnenbreiten gleichzeitigen Rotationsvorgänge durch zahlreiche Beobachtungsserien als gesichert angesehen werden können, war die Frage nach möglichen *zeitlichen Veränderungen* der Sonnenrotation bisher noch nicht endgültig geklärt. Ein kürzlich erschienenes Memorandum[2] von ST. JOHN enthält nun eine Reihe neuerer Ergebnisse, die wichtige Beiträge zur Lösung dieses Problems darstellen. Eine Vergleichung der spektroskopischen Resultate des Mt. Wilson-Observatoriums aus den Epochen 1906,4 — 1908,5 und 1919,5 bis 1921,5, die beide die Rotationsveränderungen der umkehrenden Schichte der Sonne vom Äquator gegen die Pole darlegen, zeigt zugleich eine unverkennbare systematische Verschiedenheit beider Epochen. Es ist nämlich die lineare Geschwindigkeit bei der zweiten Serie für alle Breiten um 8% geringer geworden. ST. JOHN hat zur Klärung der Sachlage die Untersuchungen nunmehr bis 1930 fortgesetzt und auch die Ergebnisse anderer Beobachter diskutiert. Die wichtigsten Daten sind aus der Abbildung zu ersehen, in der auch die verschiedenen Quellen angeführt sind. Die Daten gelten durchweg für den Sonnenäquator. Eine zeitliche Veränderung der Sonnenrotation ist unverkennbar. Wesentlich vor allem ist aber die eigentümliche Tatsache, daß diese Schwankungen das

[1] Vgl. z. B. Abb. 44, S. 202 und Tabelle auf S. 204 in CH. R. DAVIDSON, Handb. d. wiss. Phot. **6**, I. Wien: Julius Springer (1931).

[2] C. E. ST. JOHN, Int. Res. Counc., 3. Rep., Solar and terrestrial relationships S. 121 (1931).

Fleckenniveau vollkommen unberührt lassen. In dem ganzen behandelten Zeitraume, aber auch schon seit 1853, haben die Flecken eine praktisch konstante Rotation ergeben. Im Mittel war die Periode 25,02 Tage, die lineare Geschwindigkeit betrug 2,02 km/sec. Man erkennt demnach ein vollkommen verschiedenes Verhalten der Photosphäre (Sitz der Flecken) und jener Schichte, in der die Schwankungen vor sich gehen (300—500 km über der Photosphäre). Zu diesen neuen Erfahrungstatsachen kommen noch die älteren Erkenntnisse: Ein Wechsel in der Polarität der Flecken

Referent von dieser Bindung nicht ganz überzeugt. Der Verlauf der Geschwindigkeitskurve weist, falls überhaupt eine Periodizität gegeben ist, eher darauf hin, daß erst in einigen Jahren, jedenfalls nicht vor 1934, ein Maximum wieder eintreten wird, daß mithin eine Periode nicht von 23, sondern von rund 30 Jahren besteht. In diesem Falle wäre ein Zusammenhang mit dem Wechsel der Fleckenpolarität freilich nicht mehr durchsichtig. Eine dieser Tage erschienene Arbeit von J. EVERSHED[1] zeigt nun in der Tat, daß die lineare Geschwindigkeit im Jahre 1931 weiter *gewachsen* ist.

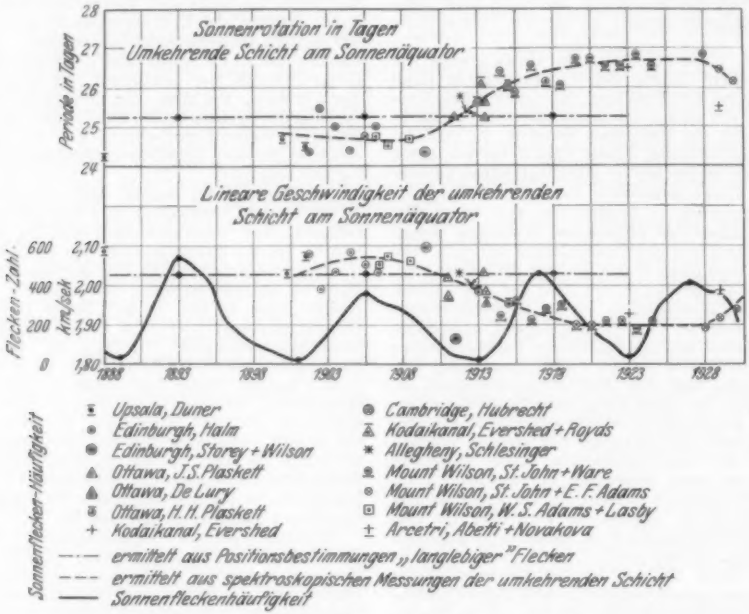


Fig. 1. *Zeitliche Veränderungen der Sonnenrotation.*

Die Abbildung zeigt *oben* die Schwankung der Periode der Sonnenrotation in Tagen, *unten* in der gestrichelten Kurve die (der Kurve oben entsprechende) Schwankung der Oberflächengeschwindigkeit der Sonnenrotation (bezogen auf die Ordinaten-Skala zwischen 1,8 und 2,10 km/sec), in der durchgezogenen Kurve die Sonnenfleckenhäufigkeit (bezogen auf die Fleckenzahl-Skala zwischen 0 und 600).

(resultierende Periode von rund 23 Jahren) und damit möglicherweise in Verbindung stehende Ost- und Westbewegungen gewisser typischer Flecken innerhalb der Photosphäre.

ST. JOHN gibt auch gewisse Anhaltspunkte dafür, daß in den höheren Schichten der Chromosphäre ähnliche zeitliche Veränderungen der Sonnenrotation wie in der umkehrenden Schichte vor sich gehen. Offen bleibt noch die Frage, ob auch die Rotation aus den Fackeln und Kalziumflocken derartigen Schwankungen unterworfen ist. ST. JOHN ist der Ansicht, daß die eindeutigen Ergebnisse aus der umkehrenden Schichte das Vorhandensein periodischer äquatorialer Strömungen anzeigen, die in ursächlichem Zusammenhange mit dem doppelten Fleckenzyklus von 23 Jahren stehen. Es müßte also 1931 wieder eine Abnahme der linearen Geschwindigkeit eintreten. Die Argumente von ST. JOHN sind recht bestrickend, doch ist der Das umfangreiche Material von KODAIKANAL gibt im Mittel 2,015 ± 0,026 km/sec. Es ist also 1931 bereits wieder der aus den Flecken resultierende Wert erreicht. Auch EVERSHED meint wie der Referent, daß der von ST. JOHN vermutete Zusammenhang mit der Fleckenpolarität nicht gesichert ist und daß eher eine 30jährige Periode zu erwarten ist.

Wie dem auch sei, diese Einwände treffen nur die Deutung und nicht die bemerkenswerte Tatsache, daß in der umkehrenden Schichte der Sonne eine offenbar gesetzmäßige zeitliche Veränderung der Rotation erfolgt, daß aber das Photosphärenniveau mit einer konstanten Geschwindigkeit rotiert, wobei beide Erscheinungen auf Beobachtungen der äquatorialen Zone gegründet sind. W. E. BERNHEIMER.

[1] J. EVERSHED, Monthl. Not., Roy. Astr. Soc. **92**, Nr 2, 105 (1931).

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.